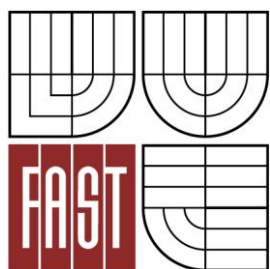




**VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ**  
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



**FAKULTA STAVEBNÍ**  
**ÚSTAV VODNÍCH STAVEB**

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING  
INSTITUTE OF WATER STRUCTURES

# **REVITALIZACE VYBRANÉ ČÁSTI VODNÍHO TOKU**

REVITALIZATION OF RIVER

**DIPLOMOVÁ PRÁCE**  
DIPLOMA THESIS

**AUTOR PRÁCE**  
AUTHOR

**Bc. ZUZANA ODEHNALOVÁ**

**VEDOUCÍ PRÁCE**  
SUPERVISOR

**prof. Dr. Ing. MILOSLAV ŠLEZINGR**

BRNO 2015



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

<b>Studijní program</b>	N3607 Stavební inženýrství
<b>Typ studijního programu</b>	Navazující magisterský studijní program s prezenční formou studia
<b>Studijní obor</b>	3607T027 Vodní hospodářství a vodní stavby
<b>Pracoviště</b>	Ústav vodních staveb

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

<b>Diplomant</b>	Bc. Zuzana Odehnalová
<b>Název</b>	Revitalizace vybrané části vodního toku
<b>Vedoucí diplomové práce</b>	prof. Dr. Ing. Miloslav Šlezingr
<b>Datum zadání diplomové práce</b>	13. 3. 2014
<b>Datum odevzdání diplomové práce</b>	16. 1. 2015
V Brně dne 13. 3. 2014	

.....  
prof. Ing. Jan Šulc, CSc.  
Vedoucí ústavu

.....  
prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc.,  
MBA  
Děkan Fakulty stavební VUT

### **Podklady a literatura**

Just, T. Vodohospodářské revitalizace, Praha 2005  
Patočka, C., Macura, L. Úpravy toků, Praha 1989  
Raplík, M a kol. Úpravy tokov, Bratislava 1989  
Šlezinger, M. Říční typy, CERM Brno 2007  
Šlezinger, M., Úradníček, L., Vegetační doprovod toků, Brno 2009  
Šlezinger, M. Revitalizace toků, VUTIUM Brno, 2010  
Úradníček, L., Šlezinger, M. Stabilizace břehů, CERM Brno 2007  
Výbora, P. Úpravy toků, VUT Brno 1988

### **Zásady pro vypracování**

- Výčet možných revitalizačních prvků - základní souhrn
- Důvody revitalizací
- Návrh revitalizace toku (textové části, dle konkrétního zadání)
- Hydrotechnické výpočty
- Výkresová dokumentace
- Doklady

### **Předepsané přílohy**

Licenční smlouva o zveřejňování vysokoškolských kvalifikačních prací

.....  
prof. Dr. Ing. Miloslav Šlezinger  
Vedoucí diplomové práce

## **Abstrakt**

Diplomová práce se zabývá problematikou revitalizace vybrané části vodního toku. Posouzení stávajícího stavu a kapacity koryta a návrh revitalizačních opatření byly provedeny na vodním toku Veverka, na části v říčním kilometru 0,650 – 1,000. Diplomová práce nejprve nahlíží na revitalizace z historického hlediska. Kdy a proč docházelo k úpravě toků a jaké důvody vedly ke snaze vrátit tokům přirozený, přírodě blízký vzhled. Dále je v teoretické části uveden přehled revitalizačních opatření s jejich stručným popisem. Práce obsahuje návrh několika revitalizačních opatření: stabilizace svahů a břehových nátrží haťošťerkovým válcem, zápletovým plůtkem a kamennou rovnatinou, odstranění mrtvého dřeva, obnova kamenného pohození a výsadba vegetačního doprovodu.

## **Klíčová slova**

revitalizace vodního toku, revitalizační opatření, stabilizace, břehová nátrž, vegetační doprovod

## **Abstract**

The thesis deals with the issue of revitalization on the selected parts of the water course. Assessment of current condition and channel capacity and design of revitalization measures were made on a water course Veverka on the part of the river kilometer 0.650 - 1.000. This thesis first deals with the revitalization of historical aspect. When and why become to regulation of flows and what reasons leads to the effort to restore natural flows, the near-natural appearance. In the theoretical part is introduced an overview of revitalization measures with their brief description. The work includes the design of several revitalization measures: stabilization of slopes and bank scours fascine-gravel drum, wattle work and hand-placed rubble, removing dead wood, restoration of beaching and planting of vegetation accompaniment.

## **Keywords**

water course revitalization, revitalization measure, stabilization, bank scour, vegetation accompaniment

## **Bibliografická citace VŠKP**

Bc. Zuzana Odehnalová *Revitalizace vybrané části vodního toku*. Brno, 2015. 60 s., 13 s. příl.  
Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodních staveb.  
Vedoucí práce prof. Dr. Ing. Miloslav Šležingr.

**Prohlášení:**

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracovala samostatně a že jsem uvedla všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 15. 1. 2015

.....  
podpis autora  
Bc. Zuzana Odehnalová

## **PODĚKOVÁNÍ**

V první řadě bych chtěla poděkovat svému vedoucímu diplomové práce panu prof. Dr. Ing. Miloslavu Šlezingrovi za čas, který mi věnoval, cenné rady a informace. Dále pak své rodině a přátelům, za podporu při studiu a naděje, které do mě vkládají.

## Obsah

<b>ÚVOD .....</b>	<b>9</b>
<b>1. PRŮVODNÍ ZPRÁVA .....</b>	<b>10</b>
1.1. SPRÁVNÍ ÚDAJE .....	10
1.2. ÚDAJE O POVODÍ .....	10
1.3. GEOLOGICKÉ POMĚRY [10] .....	12
1.4. HYDROGEOLOGICKÉ POMĚRY [10] .....	13
1.5. PEDOLOGICKÉ POMĚRY [11] .....	14
1.6. KLIMATICKÉ POMĚRY .....	16
1.7. HYDROLOGICKÉ POMĚRY .....	17
1.8. ÚDAJE O ZEMĚDĚLSTVÍ [10] .....	19
1.9. ÚDAJE O LESNICTVÍ [10] .....	20
1.10. ÚDAJE O PRŮMYSLU [10] .....	21
1.11. ENERGETICKÉ VYUŽITÍ TOKU .....	22
1.12. REKREAČNÍ VYUŽITÍ .....	22
1.13. SPLAVNOST TOKU .....	24
<b>2. REVITALIZACE VODNÍCH TOKŮ [17] .....</b>	<b>25</b>
2.1. HISTORIE A DŮVODY REVITALIZACÍ [4] .....	26
2.2. ZÁKLADNÍ ROZDĚLENÍ REVITALIZAČNÍCH OPATŘENÍ .....	27
<b>3. TECHNICKÁ ZPRÁVA .....</b>	<b>35</b>
3.1. SPRÁVNÍ ORIENTACE .....	35
3.2. ÚVODNÍ ČÁST .....	35
3.3. POPIS STÁVAJÍCÍHO STAVU .....	36
3.4. NÁVRH ÚPRAV NA VODNÍM TOKU VEVERKA .....	39
<b>4. HYDROTECHNICKÉ VÝPOČTY .....</b>	<b>48</b>
4.1. PROGRAM HEC-RAS .....	48
4.2. METODA VÝPOČTU .....	48
4.3. POSTUP VÝPOČTU [6] .....	48
4.4. PODKLADY PRO VÝPOČET .....	51
4.5. VSTUPNÍ DATA .....	51
4.6. VÝSTUPNÍ DATA .....	52
<b>5. ZÁVĚR .....</b>	<b>56</b>
<b>6. SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ .....</b>	<b>57</b>
<b>7. SEZNAM OBRÁZKŮ A TABULEK .....</b>	<b>58</b>
<b>8. SEZNAM PŘÍLOH .....</b>	<b>59</b>



## Úvod

Diplomová práce se zabývá návrhem revitalizace vodního toku Veverka. Řešený úsek toku, v říčním kilometru 0,650 – 1,000, se nachází v katastrálním území Bystřec, nedaleko Brněnské přehrady. Nejprve byla v zájmové lokalitě provedena rekognoskace terénu s pořízením fotodokumentace toku a jeho okolí. Následně bylo geodeticky zaměřeno jedenáct příčných profilů, a to v místech, kde se mění tvar koryta nebo kde vznikají břehové nátrže.

V rámci práce se budu nejprve zabývat teoretickým pohledem na revitalizace, a to historií, důvody revitalizací vodních toků a základním souhrnem revitalizačních opatření. Poté se zaměřím na vlastní návrh revitalizačních úprav na vodním toku Veverka. Na základě posouzení současného stavu toku bude navrženo několik revitalizačních opatření: stabilizace svahů a břehových nátrží, odstranění překážek v podobě mrtvého dřeva, které brání průtoku, obnova kamenného pohozu. Dále bude k vybraným typům stabilizace vyhotovena výkresová dokumentace.

Z dostupných podkladů (zaměřených příčných profilů a hydrologických dat) bude proveden výpočet posouzení kapacity koryta vodního toku Veverka pomocí programu HEC-RAS.

# 1. Průvodní zpráva

## 1.1. Správní údaje

Jméno akce:	Revitalizace vybrané části vodního toku Veverka
Jméno toku:	Veverka
Číslo hydrologického pořadí:	4-15-01-146
Kilometráž zájmového úseku:	ř. km 1,000 – 0,650
Celková délka toku:	9,043 km
Správce toku:	Povodí Moravy
Katastrální území:	Bystrc [611778]
Kraj:	Jihomoravský
Okres:	Brno – město
Obec:	Brno

## 1.2. Údaje o povodí

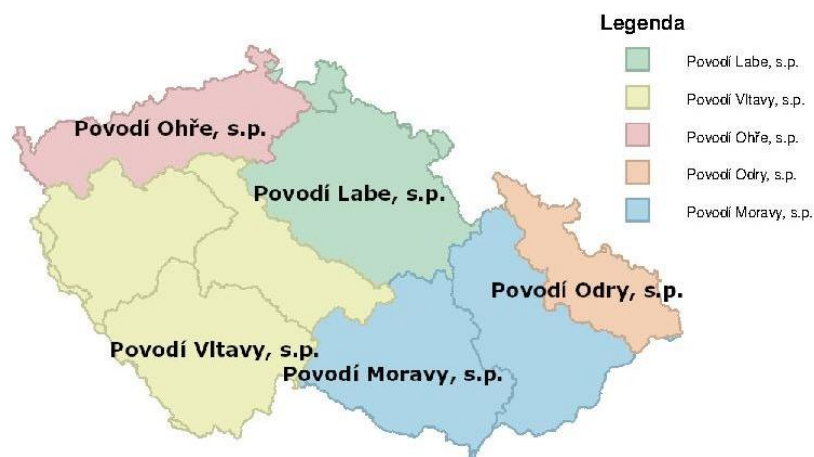
Vodní tok Veverka se nachází v Jihomoravském kraji, protéká katastrálním územím Ostrovačic, Veverských Knínic, Veverské Bítýšky a Bystrce. Je pravostranným přítokem řeky Svatky. Plocha povodí Veverky činí 31,381 km<sup>2</sup> a délka toku je 9,04 km. Název toku pravděpodobně souvisí s hradem Veverčí, který se rozprostírá na skalnatém ostrohu nad Brněnskou přehradou, do které Veverka ústí.



Obr. 1 Mapa Jihomoravského kraje s vyznačením zájmového úseku [9]

Veverka pramení východně od Ostrovačic v přírodním parku Podkomorské lesy v nadmořské výšce 420 m n. m., odtud teče na severozápad, poté severně, směrem na Veverské Knínice a posléze severovýchodním směrem. Pod hradem Veverí, v údolní nádrži Brno se v nadmořské výšce 220 m n. m. vlévá do řeky Svatky. Povodí Veverky spadá pod povodí řeky Svatky, které náleží povodí Dyje a to dále povodí Moravy.

Vodní tok Veverka má šest levostranných přítoků, Knínický potok, Melkranský potok, Hlinka a tři bezejmenné přítoky. Z pravé strany se pak do Veverky vlévá sedm bezejmenných přítoků.



Obr. 2 Mapa členění povodí v ČR



Obr. 3 Mapa členění dílčích povodí v ČR

### 1.3. Geologické poměry [10]

Povodí Veverky spadá pod povodí řeky Svatky, proto se budu v této i následujících kapitolách věnovat obecně charakteristice celého povodí Svatky.

Geologické poměry povodí řeky Svatky jsou různorodé a zahrnují v sobě jak nejstarší, tak nejmladší geologické útvary. Oblast je tvořena několika tektonickými jednotkami, jsou to především – moldanubikum, moravikum, svrchnokřídová tabule, boskovická brázda, masiv brněnské vyvřeliny, devon, karbon, perm, jura, svrchní křída, neogen, diluvium a aluvium.

Svatka pramení v oblasti tvořené dvojslídnyými rulami. Podle zastoupení jednotlivých útvarů a hornin by se dalo říct, že povodí je tvořeno z větší části horninami krystalinika, na zbylou část, přibližně  $\frac{1}{4}$ , pak připadají horniny usazené. Na horním toku lze nejčastěji nalézt proterozoické horniny assyntsky zvrásněné s různě silným přepracováním, konkrétně se jedná o břidlice, fylity a svory až pararuly.

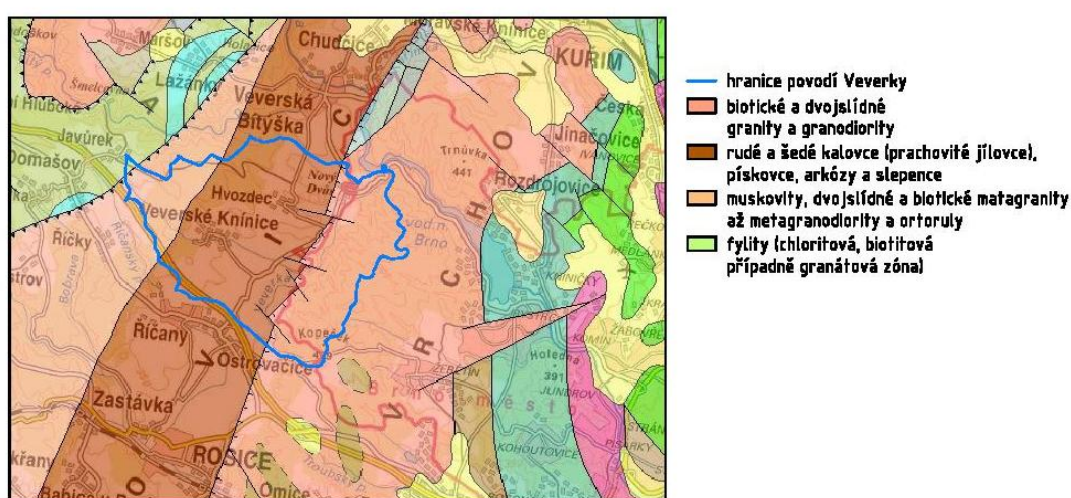
Moldanubická oblast zasahuje do povodí na severozápadě území. Tvoří ji pestrá série moldanubika, ta je kromě převládajících pararul charakteristická přítomností těles metakvarcitů, krystalických vápenců a dolomitů, erlánů, grafitických rul, amfibolitů a ortorul.

Ve střední části povodí jsou nejčastěji zastoupeny ortoruly, granulity a velmi pokročilé migmatity v moldanubiku a proterozoiku. Nad Veverskou Bítýškou protíná perm Boskovické brázdy, v níž zaústí i řeka Loučka. Vyskytují se zde horniny permokarbonské – pískovce, slepenec a jílovce. Do Brněnského masivu vstupuje řeka Svatka u hradu Veveří, protéká miocenní kotlinou u Kníniček, kde je v dioritové soutěsce postavena údolní nádrž Brno. Dále protéká miocenní kotlinou pod Bystrcem a kolem Červeného kopce, kde se nachází devonský slepenec. Pod Brnem pak vstupuje do miocenních téglů a štěrků. Převážně se zde vyskytují kvartérní horniny, jako jsou jíly, spraše, písky a štěrky.

V blízkém okolí Brněnské přehrady jsou poměrně významná naleziště rud. Například barevné rudy, zejména rudy zinku, olova, mědi, arsenu a antimonu byly

těženy v okolí Veverské Bítýšky, Šmelcovny a Tišnova. Železná ruda byla v minulosti těžena z okolí Lažánek, Šmelcovny a v jiných blízkých lokalitách.

Povodí Veverky spadá do geologického regionu Český masív. Zástupci hornin jsou v okolí Brněnské přehrady, biotické a dvojslídné granity a granodiority, v pásu od Ostrovačic, přes Veverské Knínice, po Veverskou Bítýšku rudé a šedé kalovce (prachovité jílovce), pískovce, arkózy a slepence. V severozápadní části povodí se nachází muskovity, dvojslídné a biotické matagranity až metagranodiority a ortoruly.



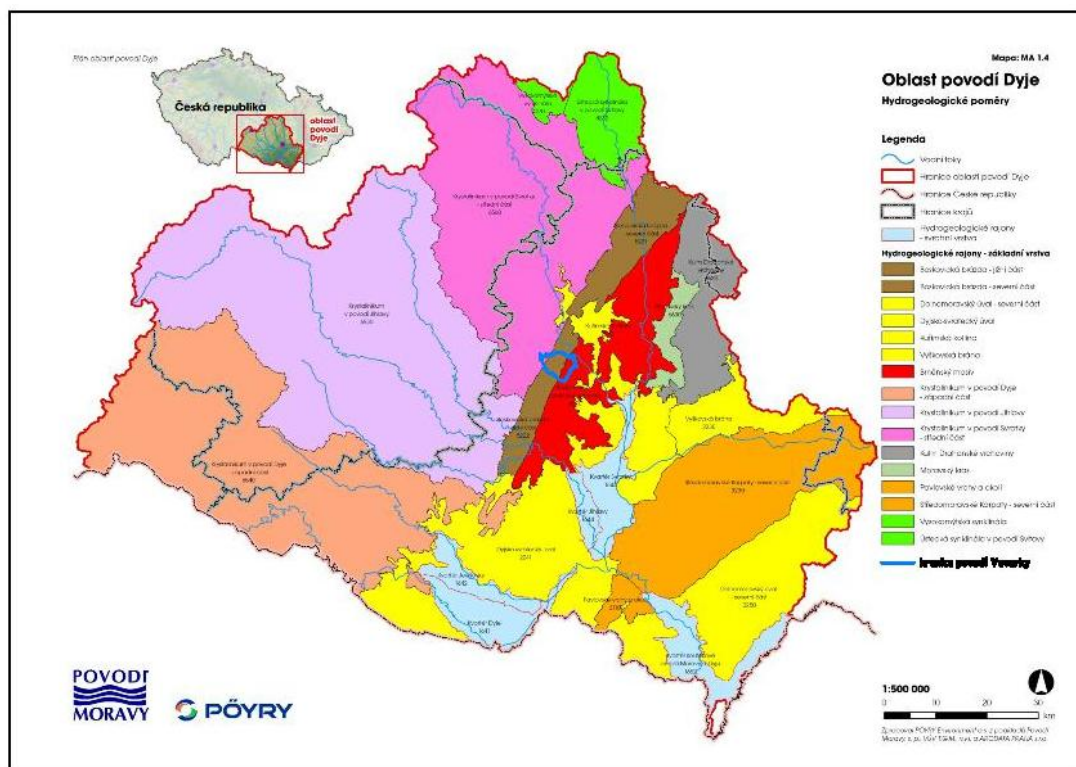
Obr. 4 Mapa geologických poměrů

#### 1.4. Hydrogeologické poměry [10]

V úseku Brno – Veverská Bítýška není povodí Svatky vlivem své geologické stavby příliš bohaté na podzemní vody. Nedostatek podzemní vody je způsoben stavbou podloží.

*„Hydrologicky chudé horniny krystalinika kryjí prakticky celou západní polovinu povodí a tvořeny jsou převážně rulami, svory, fylity, granulity, hadci, krystalickými vápenci a jinými horninami. Horniny krystalinika jsou horniny pevné, s malou pórovitostí, takže i jejich nasákavost je velmi malá“ [3]. V této oblasti se vyskytují převážně puklinové prameny. Jejich výskyt je častý, ale velmi rozptýlený a většinou menších vydatností.*

V údolí řeky a na svazích kopců jsou čtvrtohorní usazeniny, tvořené většinou volně uloženými nestmelenými zeminami se značným objemem průlin, které jsou schopny pojmout průlinové podzemní vody. Bývají nestejně a s menší vydatností. Většinou jsou tyto podzemní vody v úzké spojitosti s vodou v otevřeném toku, a proto nebývají kvalitní. Teprve pod Brnem, kde aluviální vrstvy dosahují mocnosti i několika metrů, se mohou získat poměrně dobré podzemní vody.



Obr. 5 Mapa hydrogeologických poměrů [10]

## 1.5. Pedologické poměry [11]

Pro horní povodí řeky Svatky je typická kamenitá a mělká zemina. Od Jimramova po Tišnov pak převažují půdy jílovito-hlinito-slídnaté, pro které je příznačný krystalinický podklad. V místech, kde Svatka protéká Boskovickou brázdou, se vyskytují půdy mělké, kamenité a obyčejné hlíny.

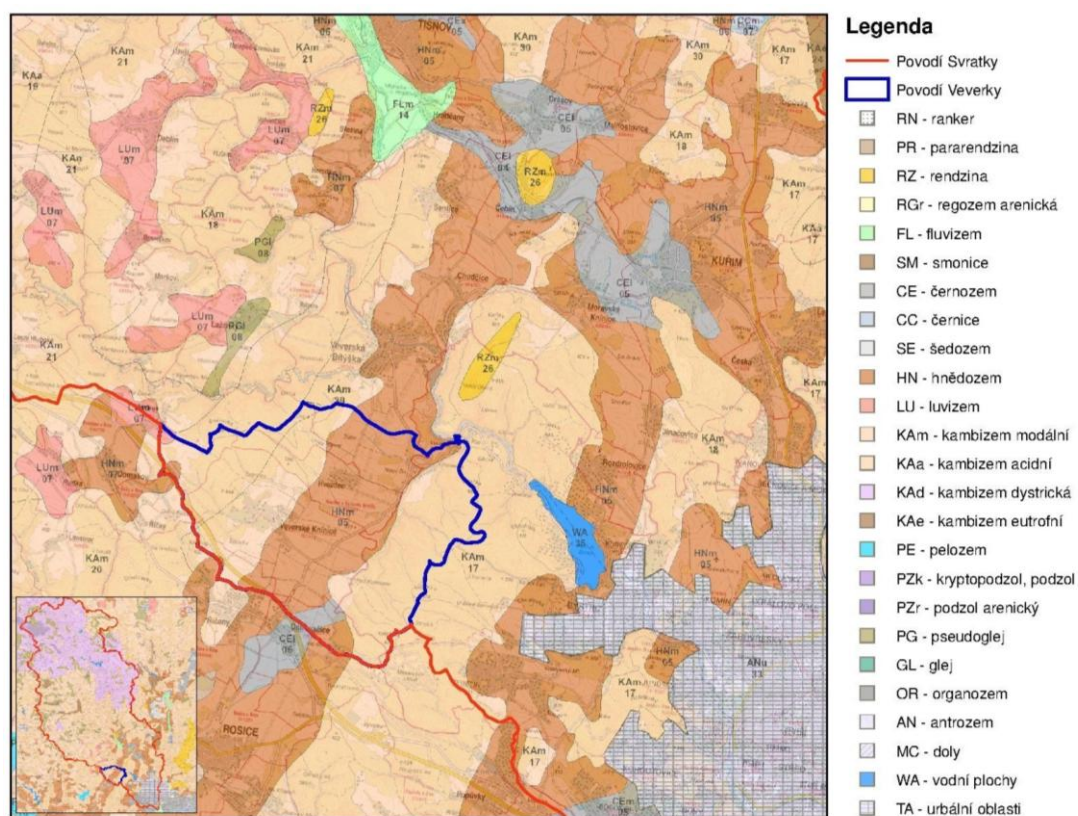
Mezi nejčtenější půdní typy patří kambizem. Ta je zastoupena v oblasti od pramene Svatky až pod Brno. Jsou to hnědé lesní půdy, které jsou vázány na silné členité reliéfy. Vedle hnědnutí dochází u těchto půd k procesům tvorby a přeměn



jílu. Kambizemě mají vysokou pórovitost a dobrou vnitřní drenáž. Tyto půdy jsou do značné míry využívány zemědělsky.

Další hojně zastoupenou půdou je fluvizem. Tyto půdy se vyvíjejí z povodňových sedimentů hlinitopísčité až jílovitohlinité zrnitosti, které obsahují velké množství živin. Typickým znakem fluvizemě je nepravidelné rozložení organických látek a vrstevnatost. V našich podmínkách jsou tyto půdy jednak využívány k pěstování plodin, jejich nejlepší ochranou v nivě jsou však lužní lesy a travní porosty.

Hnědozem nacházející se v nižších nadmořských výškách a tedy i v okolí Veverky je velice úrodná půda. Půdotvorným substrátem je nejčastěji spraš a sprašová hlína. V současné době je tato půda vysoce využívána pro zemědělství.



Obr. 6 Mapa pedologických poměrů

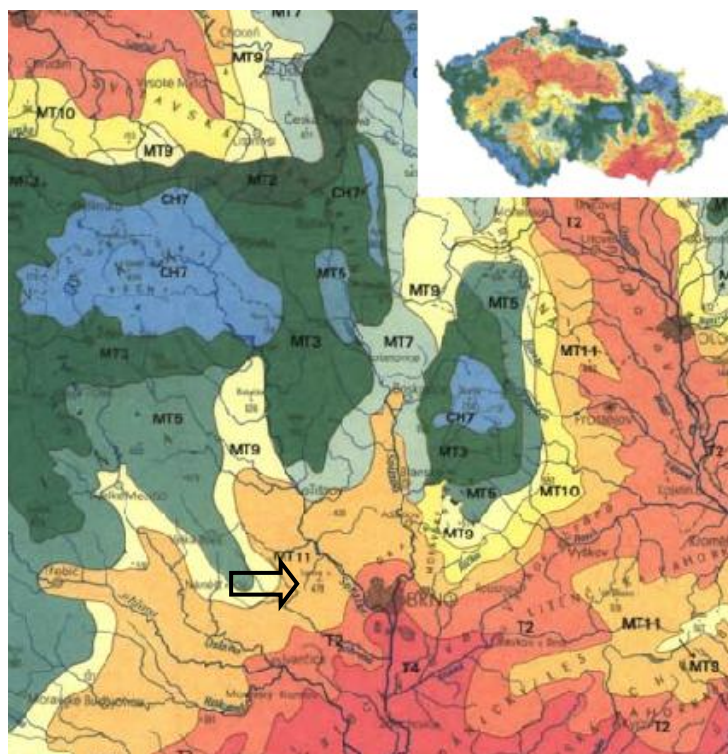
## 1.6. Klimatické poměry

### Všeobecné klimatologické charakteristiky [12]

Řeka Svratka se táhne od severu na jih a to od území s vysokými nadmořskými výškami, místy o výšce více než 800 m n. m., až do nížinatých oblastí s nadmořskou výškou okolo 200 m n. m. To má za následek značně nesourodé klimatické poměry.

Směrem na jih až jihozápad, kde se také nachází povodí Veverky, spadá území do mírně teplé klimatické oblasti MT11. Pro tuto oblast je typické dlouhé, teplé a suché léto. Počet letních dní se pohybuje v rozmezí 40 – 50 dní a průměrná teplota je v červenci 17 – 18°C. Počet dní, kdy srážky dosáhnou alespoň 1 mm je 90 – 100. Jaro i podzim jsou zde obdobím krátkým, s mírnými teplotami kolem 7 – 8°C. Zima je krátká, mírně teplá a velmi suchá s krátkým trváním sněhové pokrývky, přibližně je to 50 – 60 dní. Srážkový úhrn v zimním období je 200 – 250 mm.

Jihovýchodní část území, která je zhruba oddělena tokem řeky Svratky, patří do mírně teplé klimatické oblasti MT7. Poslední úsek oblasti na severozápadě, náleží ke klimatické oblasti MT9.

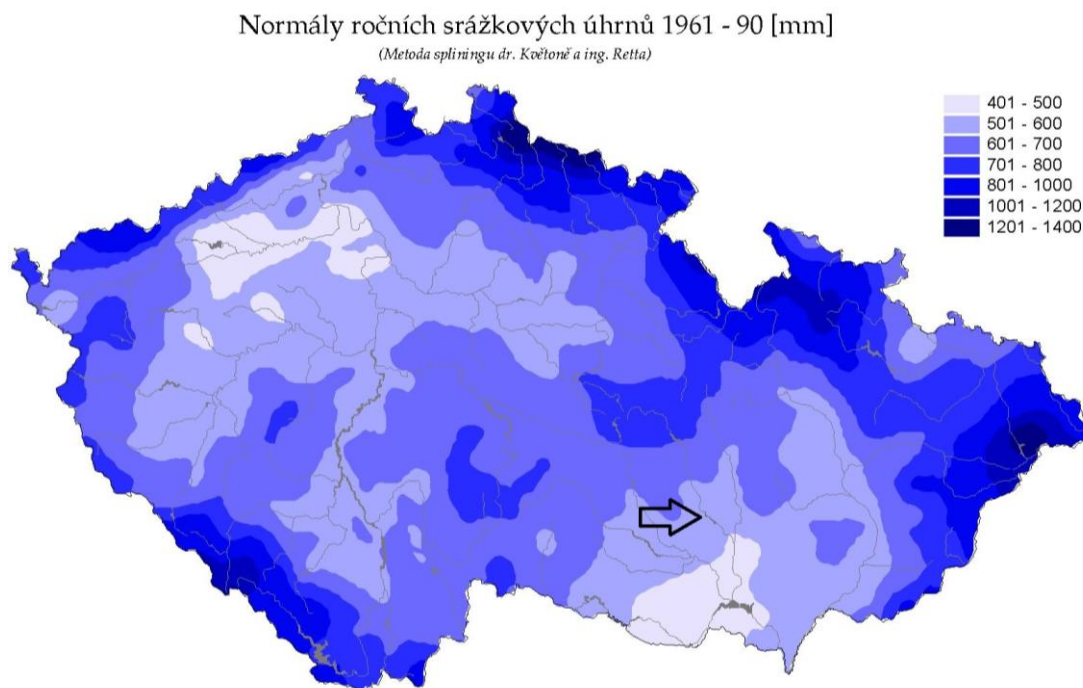


Obr. 7 Mapa klimatických poměrů [12]



### Srážkové poměry [10]

Průměrný dlouhodobý úhrn srážek za období 1961 – 1990 činí pro oblast povodí Dyje 590 mm. V dlouhodobém průměru je srážkově nejbohatší měsíc červen s úhrnem srážek 77 mm, následují měsíce květen a červenec se shodným úhrnem 70 mm. Na srážky nejchudší jsou měsíce únor a březen s dlouhodobým úhrnem srážek 33 mm. Jen nepatrně lepší je říjen, kdy dosahuje průměrný úhrn 36 mm.



Obr. 8 Mapa klimatických poměrů [13]

### Teplotní poměry [10]

Průměrná dlouhodobá roční teplota vzduchu v oblasti povodí Dyje je 7,8 °C, nejchladnějším měsícem je leden, s průměrnou dlouhodobou teplotou vzduchu - 2,8 °C, nejteplejším měsícem je červenec, s průměrnou dlouhodobou teplotou vzduchu 17,5 °C.

## 1.7. Hydrologické poměry

Zájmové území se nachází severozápadně od Brna. Rozloha povodí říčky Veverky je 31,381 km<sup>2</sup> a délka tohoto toku je 9,04 km. Veverka pramení v lesích východně od Ostrovačic nedaleko Masarykova okruhu. Nejprve teče lesem, směrem na Ostrovačice, poté protéká kolem zahrádkářské osady a postupuje na sever, mimo

zastavěná území katastrálních území obcí Ostrovačice a Veverské Knínice. Následně míjí samotu Podkomorský mlýn a pokračuje lesem na severovýchod. V místech, kde se do Veverky vlévá Malkranský potok, tvoří Veverka hranici Podkomorských lesů. Poté co mine samotu Prádelna, lemuje tok silnici II. třídy číslo 384, takzvanou Přehradní radiálu, dále protéká kolem hradu Veverí a v údolní nádrži Brno se vlévá řeka Svratky.

V následujících tabulkách jsou uvedeny hydrologické charakteristiky vodního toku Veverka, který má číslo hydrologického pořadí 4-15-01-146. Tyto hodnoty byly převzaty z atlasu Hydrologické poměry ČSSR, díl III.

**Tab. 1 Hydrologické charakteristiky pro vodní tok Veverka [8]**

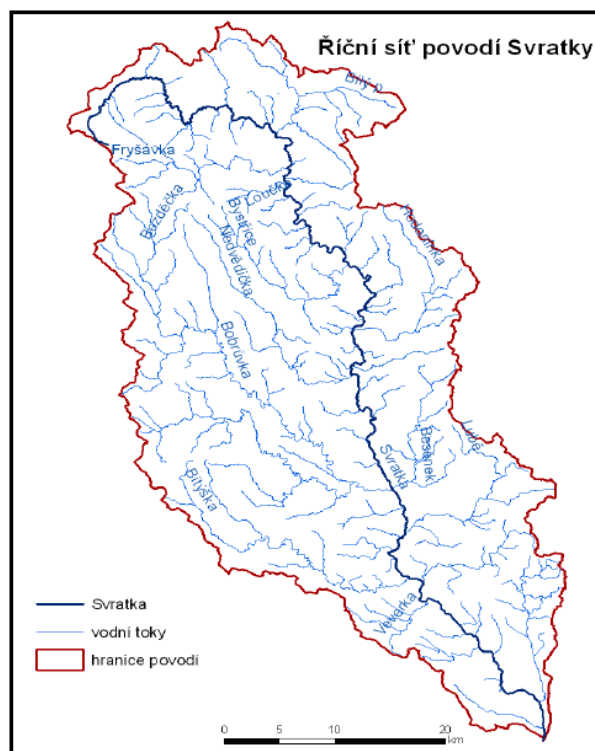
Průměrné roční hodnoty	
Plocha povodí [km <sup>2</sup> ]	31,381
Průměrná roční srážka [mm]	550
Odtok [mm]	41
Rozdíl srážek a odtoku [mm]	509
Odtokový součinitel	0,07
Specifický odtok [l/s*km <sup>2</sup> ]	1,29
Průměrný roční průtok [m <sup>3</sup> /s]	0,04

**Tab. 2 m–denní průtoky pro vodní tok Veverka [8]**

m–denní průtoky [m <sup>3</sup> /s]						
Q <sub>30d</sub>	Q <sub>90d</sub>	Q <sub>180d</sub>	Q <sub>270d</sub>	Q <sub>330d</sub>	Q <sub>355d</sub>	Q <sub>364d</sub>
0,09	0,04	0,025	0,015	0,01	0,005	0,003

**Tab. 3 N–leté průtoky pro vodní tok Veverka [8]**

N–leté průtoky [m <sup>3</sup> /s]						
Q <sub>1</sub>	Q <sub>2</sub>	Q <sub>5</sub>	Q <sub>10</sub>	Q <sub>20</sub>	Q <sub>50</sub>	Q <sub>100</sub>
8	15	22	28	32	35	37



Obr. 9 Říční síť povodí Svatky [11]

### 1.8. Údaje o zemědělství [10]

Zemědělská půda tvoří 59,60 % plochy oblasti povodí Dyje a z toho orná půda je na ploše 47,63 % plochy oblasti povodí.

Nejvíce orné půdy je v kraji Jihomoravském a to 308 126 ha, tj. 83,3 % tamní zemědělské půdy, což představuje 57,95 % plochy z celkové orné půdy oblasti povodí. Na druhém místě je rozloha orné půdy v kraji Vysočina, kde je 179 847 ha orné, tj. 33,82 % z celkové orné půdy oblasti povodí Dyje. Trvalých travních porostů je nejvíce v kraji Vysočina, a to 46 291 ha, tj. 19,94 % zemědělské půdy v tomto kraji. V Jihomoravském kraji je 25 579 ha TTP, což je pouhých 6,92 % zemědělské půdy v tomto kraji. Na jižní Moravě jsou významné vinice, které jsou založeny na 17 812 ha půdy. Rozloha zemědělské půdy a z toho jednotlivých kultur je uvedena v tabulce 4.

Tab. 4 Struktura zemědělské půdy v oblasti povodí Dyje [10]

	Plocha [ha]	% zemědělské půdy	% plochy povodí
Orná půda	531 741	79,91	47,63
Sady, zahrady, vinice	44 988	6,76	4,03
Trvalé travní porosty	88 724	13,33	7,94
<b>Zemědělská půda celkem</b>	<b>665 453</b>	<b>100,00</b>	<b>59,60</b>

V oblasti povodí Dyje pracuje v zemědělství 22 949 pracovníků. Co se týká výrobního zaměření zemědělských subjektů, převažují subjekty s kombinovanou rostlinnou a živočišnou výrobou, kterých je celkem 4 520, s převažující rostlinnou výrobou podniká 3 055 subjektů a s převažující živočišnou výrobou 1 371 subjektů. Na jižní Moravě mírně převažují subjekty se zaměřením pouze na rostlinnou výrobu, těchto subjektů je 2 310, kombinovaný způsob hospodaření je zde u 2 206 subjektů.

**Tab. 5 Nejvýznamnější pěstované plodiny v oblasti povodí Dyje [10]**

Plodiny	Plocha [ha]	% osevní plochy
Obiloviny	298 034	62,35
Luskoviny	8 206	1,72
Brambory	9 116	1,91
Cukrovka	7 980	1,67
Technické plodiny	72 886	15,25
Pícniny	81 730	17,10
<b>Osevní plocha celkem</b>	<b>477 952</b>	<b>100,00</b>

Obiloviny se pěstují na více jak polovině plochy orné půdy v oblasti povodí Dyje, brambory se pěstují převážně na Českomoravské vrchovině, cukrovka na jižní Moravě. Z technických plodin řepka se pěstuje téměř všude, slunečnice na jižní Moravě a len na Českomoravské vrchovině.

### 1.9. Údaje o lesnictví [10]

Lesů je v oblasti povodí Dyje 29,4 % z celkové plochy oblasti povodí a to je méně než celostátní průměr 32,7 %. Větší lesnatost 30,6 % je v západní části povodí v oblasti Českomoravské vrchoviny, na jižní a jihovýchodní Moravě je 27,4 % zalesnění. V západní části povodí vysoce převažují lesy jehličnaté, kterých tam je 88,7 % z celkové rozlohy lesů, na jižní a jihovýchodní Moravě je jehličnatých lesů 51,7 % a listnatých lesů 47,1 %.

**Tab. 6 Údaje o lesích v oblasti povodí Dyje [10]**

Lesy [ha]	Lesnatost [%]	Plochy kategorií lesa [ha]			Plocha dřevin [ha]	
		hospodářské	ochranné	zvláštního určení	jehličnaté	listnaté
328 482	29,4	249 646	11 497	67 339	249 975	74 894

### 1.10. Údaje o průmyslu [10]

Průmysl je soustředěn zejména ve střední části oblasti povodí Dyje - v kraji Jihomoravském nejvíce v Brně a okolí a dále ve městech Blansko, Břeclav, Hodonín a Znojmo, v kraji Vysočina ve městech Jihlava, Třebíč a Svitavy.

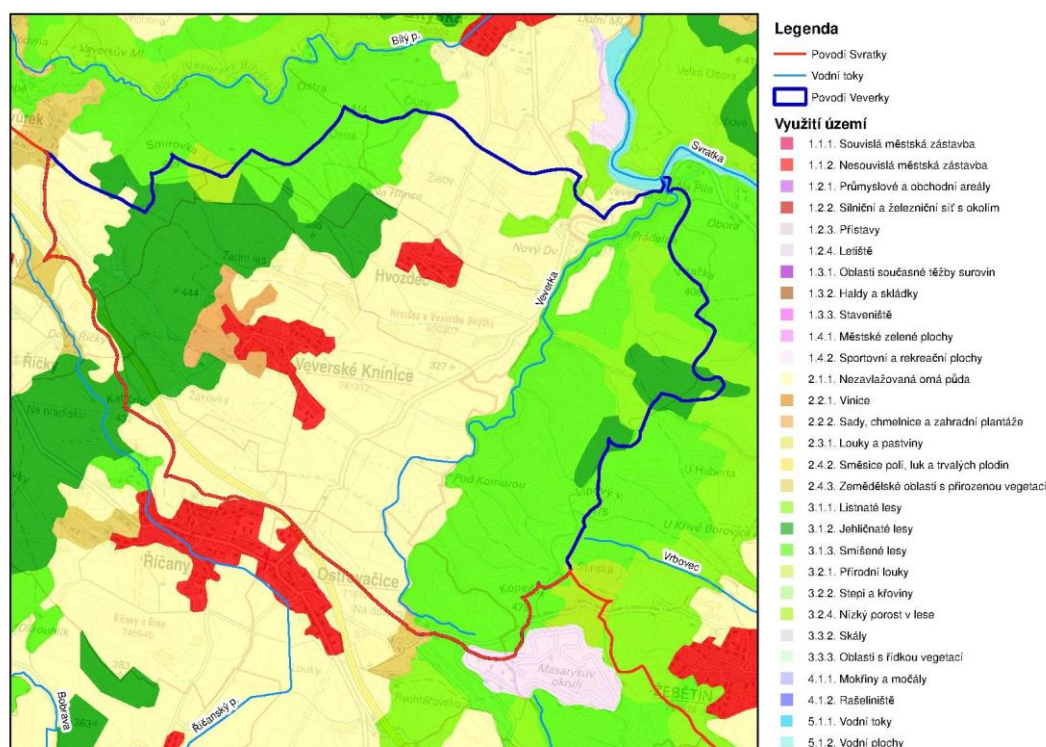
Základní ukazatele průmyslu v jednotlivých krajích v oblasti povodí Dyje jsou uvedeny v tabulce 7, ze které vyplývá, že tržby z průmyslové činnosti na 1 zaměstnance i průměrná měsíční mzda v oblasti povodí Dyje jsou nižší než celostátní průměr.

**Tab. 7 Základní ukazatele průmyslu v oblasti povodí Dyje [10]**

Kraj	Podniky s počtem pracovníků 100 a více se sídlem na území kraje				
	Počet podniků	Tržby z průmyslové činnosti		Průměr. počet zaměstnanců fyz. osoby	Průměrná hrubá měsíční mzda [Kč]
		- celkem [mil. Kč]	- na 1 zaměstnance [tis.Kč]		
Jihomoravský	229	123 559	1 795	68 835	16 991
Vysočina	91	59 260	1 879	31 538	17 872
Jihočeský	5	2 650	1 828	1 450	17 534
Pardubický	13	13 104	2 889	4 536	16 967
Olomoucký	1	549	1 636	336	16 390
Zlínský	2	1 152	2 259	510	17 244
<b>oblast povodí Dyje</b>	<b>341</b>	<b>200 274</b>	<b>2 048</b>	<b>107 205</b>	<b>17 166</b>
<b>ČR</b>	<b>2 412</b>	<b>2 219 809</b>	<b>2 530</b>	<b>877 266</b>	<b>19 030</b>

#### Využití území v povodí Veverky

Území povodí Veverky je z velké části využíváno k zemědělské činnosti. Další významnou plochu zaujímají lesní pozemky a to lesy jehličnaté, listnaté i smíšené. Na malé ploše o velikosti sto hektarů se rozprostírá nesouvislá městská zástavba a přibližně na 55 hektarech jsou sady a zahradní plantáže.



Obr. 10 Využití území

## 1.11. Energetické využití toku

Vodní tok Veverka není energeticky využíván.

## 1.12. Rekreační využití

Rekreační využití Svratky je převážně spojeno s Brněnskou přehradou. Ta poskytuje návštěvníkům mnohé způsoby odpočinkového i aktivního vyžití. Je zde možnost koupání, například v lokalitě Sokolského koupaliště, Rakovec, či Rokle, využití cyklistických a turistických stezek, které lemují přehradu. Dále rekreační plavba, rybolov, lodní sporty, nachází se zde i několik sportovišť volejbalovými hřišti a tenisovými kurty. Na své si přijdou i milovníci pasivního odpočinku, neboť okolí skýtá velké množství hospůdek a restaurací. Dominantou přehrady je hrad Veveří. Nejhezčí výhled na hrad se návštěvníkům nabízí z paluby výletních lodí projíždějících pod hradem na hladině Brněnské přehrady.





**Obr. 11 Hrad Veverí a Brněnská přehrada [14]**

Vodní tok Veverka není z hlediska rekreace využíván ani k rybolovu, vodním sportům či k plavbě. Naskýtá se zde pouze možnost procházek přírodou kolem říčky Veverky. V roce 2007 byla vybudována, na lesní cestě, vedoucí od hradu Veverí, dřevěná lávka, díky které se zvýšila bezpečnost pohybu pěších turistů i cyklistů při jejich výletech k hradu. Veverka také protéká Helenčíným údolím, které nese jméno hrdinky z románu Viléma Mrštíka Pohádka máje. Zalesněné údolí meandrujícího potoka Veverky, je velmi mírně klesající. Prochází jím poměrně široká lesní cesta, příjemná pro pěší procházku nebo projížďku na kole. Potůček vytváří četné zákruty a zařezává se do skal, na mýtinách prosvítá sluníčko. Není zde vyznačena žádná turistická značka, proto je údolí mimo hlavní zájem výletníků. [15]



Obr. 12 Dřevěný most přes Veverku (Foto Z. Odehnalová 2014)

### 1.13. Splavnost toku

Velikost toku neumožňuje jeho splavnost.



## 2. Revitalizace vodních toků [17]

Revitalizace (z latinského znovuoživení) je proces, při němž dochází k návratu vybraného krajinného prvku do přirozeného nebo přírodě blízkého stavu. Revitalizace může probíhat buď přirozenou cestou, nebo pomocí technických opatření.

Hlavní efekty revitalizace vodního toku:

- zvětšení biologicky aktivního povrchu
- prodloužení doby průběhu vody
- zvětšení aktuální zásoby vody v korytě
- zvětšení zásoby nivní vody
- tlumení průběhu velkých vod
- posílení oživení koryta
- zlepšení migrační prostupnosti
- zlepšení samočistícího efektu
- zlepšení vzhledu koryt a niv

K navrácení přírodě blízkého rázu vodního toku a jeho okolí směřují tři typy procesů: dlouhodobá samovolná renaturace, renaturace povodněmi a technická revitalizace.

Dlouhodobá samovolná renaturace spočívá v postupném zanášení technicky upravených toků splaveninami, zarůstání rostlinnými společenstvy, postupném rozpadu umělého opevnění dna i břehů a dalších technických prvků v korytě i okolní nivě. Jedná se o proces pomalý, ale jeho výhodou je vznik revitalizačního efektu s minimálními náklady. Tento typ procesu revitalizace probíhá za předpokladu minimální údržby toku jeho správcem.

Renaturace povodněmi mohou zásadním způsobem ovlivnit koryta a nivy upravených vodních toků. Díky povodním může dojít k revitalizaci koryta tím, že nánosy a břehové nátrže pomohou obnovit přírodě blízký průběh trasy, podélný a příčný profil koryta. V případě přílišného zahloubení a velké kapacity původního

koryta ovšem dochází k zvýšení rychlostí proudění, které dále podporuje nepříznivé zahlubování toku a nutnost technického zásahu do vodoteče. Renaturace povodňemi proto mohou být výchozím stavem pro následnou dodatečnou technickou úpravu.

Technickými úpravami by mělo být při revitalizaci dosaženo obnovy přírodě blízkého charakteru koryta vodního toku i přilehlé nivy, spolu s obnovou tůní, mokřadů a slepých ramen. [5]

## **2.1. Historie a důvody revitalizací [4]**

V minulosti byly vodní toky upravovány z mnoha důvodů. Již ve středověku se využívalo upravených vodních toků při budování pil, mlýnských náhonů či hamrů. Později bylo cílem úprav dosažení protipovodňové ochrany, rychlé odvedení vody, odvodnění zemědělských a stavebních pozemků, energetické využití toku, zajištění plavebních hloubek a splavnosti toku a další. Pomocí technických úprav docházelo k narovnání toků, zkapacitňování a opevňování koryta toku, zatrubňování a odstaňování břehové vegetace.

Realizace prvních revitalizačních akcí byly v České republice zahájeny v roce 1992. Důvodem byl světově rozšiřující se trend ochrany přírody a fakt, že rozsah technických úprav potoků a řek přináší i značná negativa. Opevněné, narovnané koryto nebylo schopné převést povodňovou vlnu. Dalšími nepříznivými faktory bylo snížení schopnosti samočisticího procesu, nadměrná eroze půdy z polí či růst deficitu podzemní vody. Odstraněné meze, remízky, mokřady a mokřiny, průlehy, vsakovací pásy, občasné rozlitiny a slepá ramena toků, zatravněné plochy a původní sady vedly k jednotvárnosti krajiny. [18]

Vývojové fáze revitalizačních akcí je možno rozřadit do tří kategorií:

- revitalizace 1. kategorie
- revitalizace 2. kategorie
- revitalizace 3. kategorie

Při prvních pokusech o navrácení přírodního stavu vodním tokům docházelo ke vkládání kamenných či dřevěných prahů, jízků nebo přehrážek a budování tůní. U

této etapy revitalizace nedocházelo k téměř žádným problémům ve vlastnických vztazích, protože koryto i břehová hrana byly zpravidla ve vlastnictví investora. Neměnila se trasa koryta a v toku zůstávalo původní opevnění. Výhoda jednoduchých vodních staveb spočívala jak v nízkých finančních nákladech, tak v nenáročnosti provádění stavby.

Druhá generace realizace revitalizačních akcí již znamenala značný posun v řešení této problematiky. Řešení vycházelo ze skutečnosti, že revitalizační účinek může splnit pouze koryto, které bude mít při nízkých průtocích dostačující hloubku pro život a migraci organismů. Zajistí různorodost rychlostí v příčném i podélném profilu, umožní kontakt vody v toku s okolním prostředím a současně koryto nebude zničeno zvýšenými průtoky. Řešení spočívalo v návrhu nové, rozvlněné, meandrující trasy toku, čímž došlo k prodloužení délky toku a snížení podélného sklonu dna i zmenšení průtočných rychlostí. Koryto bylo navrženo mělčí, méně kapacitní.

Nejvyšším vývojovým stupněm v oblasti revitalizace je v současné době třetí etapa, ve které se jedná o komplexní pojetí revitalizačních akcí. Je zde do úprav zahrnuto kromě vlastního toku také širší okolí, zejména údolní niva. Revitalizace se zabývá návrhem nové trasy toku, zmenšením hloubky a průtočného profilu, vytvářením tůní, slepých ramen nebo mokřadních ploch. Vzhledem k tomu, že pás vyčleněný pro revitalizaci je zpravidla dostatečně široký, je možno na této ploše zajistit výsadbu doprovodné vegetace.

## **2.2. Základní rozdělení revitalizačních opatření**

Technické úpravy zbavují koryta a nivy členitosti. Technicky upravené vodní toky mají za následek rychlý odtok vody z povodí. Tyto nevhodně upravené toky se nachází především v zemědělsky obdělávaných oblastech, kde v minulosti plnily meliorační funkci. Cílem revitalizací je naopak obnovení různorodosti vodního prostředí a jeho schopnost vodu zadržet. Základní revitalizační úlohou je vytvoření koryta, které je oproti upravenému korytu členitější, méně zahlobené a s menší kapacitou. [18]

Každý návrh nového, revitalizovaného koryta by měl vycházet z úvahy o cílech, kterých má být v dané situaci dosaženo. Dosažitelné cíle se přitom mohou,

případ od případu, lišit. Při revitalizacích ve volné krajině je snaha co nejvíce se přibližovat přírodním předlohám, tedy obnovovat v nivách širší potoční a říční pásy a v nich členitá koryta, mělká a průtokově málo kapacitní, podporující tlumivé rozlévání povodní do okolních niv. Revitalizace v zastavěných územích obnovují členitost koryt, ovšem za respektování prioritního požadavku protipovodňové ochrany stávající zástavby. Součástí revitalizací je obnova migrační prostupnosti potoků a řek pro vodní živočichy. [19]

**Revitalizační opatření lze členit na následující opatření:**

### **2.2.1. Obnovení původního koryta**

U napřímených nebo jinak v minulosti nevhodně upravených vodních toků, u kterých jsou zachovány zbytky původního přirozeného koryta, např. slepá ramena, je při revitalizaci snaha o obnovu zbytků původního toku a jeho doprovodných porostů. Pro přirozené vinutí toku je nezbytné vymezit dostatečně široký koridor, ve kterém bude prostor nejen pro samotnou trasu toku, ale i pro doprovodnou vegetaci a kde bude možnost rozlivu toku i při malých průtocích. Důležité je vyřešení majetkoprávních vztahů v okolí toku pro vymezení šířky koridoru. Jako podklad pro úpravu slouží staré historické a katastrální mapy. Provedená úprava by měla v největší míře splňovat požadavky, které jsou v souladu s krajinou.

### **2.2.2. Úprava kapacity koryta**

Nepřirozeně kapacitní koryto je nahrazeno přírodním, výrazně méně kapacitním korytem. Tato úprava je jedna z nejobvyklejších. Revitalizované koryto má hydromorfologické parametry přirozeného vodního toku dané velikosti, je mělké, o průtočné kapacitě  $Q_{30d} - Q_1$ , a členitější. Má významně větší drsnost. Základním hydrotechnickým efektem je omezení koncentrace a zpomalení povodňových proudů. Dochází k obnově povodňových rozlivů v nivě.

### **2.2.3. Návrh nového koryta**

K návrhu nového koryta se přistupuje v případech, kdy je původní koryto nevhodné, nelze je pro revitalizační úpravy použít a v dané lokalitě je dostatečný

prostor pro vybudování nového koryta. Je vhodné, aby nová trasa koryta kopírovala průběh údolnice. Důležité je vytvořit podmínky vhodné pro meandrování toku, čímž se prodlouží délka toku a dojde ke snížení podélného sklonu a větší členitosti podélného i příčného profilu. Nezbytnou součástí je také návrh břehových a doprovodných porostů. Ty se navrhují podle vegetace, která se v dané lokalitě přirozeně vyskytuje. Výsadba nového vegetačního porostu by měla být provedena v návaznosti na stávající vegetaci.

#### **2.2.4. Odstranění ohrázování**

Úseky toků v nížinách jsou na mnohých místech z důvodů zajištění kapacity ohrázovány. Ohrázování toku je v bezprostřední blízkosti koryta a zabraňuje rozlivu vody do říční nivy. Toto ohrázování toku má za následek ovlivnění vodního režimu v nivě. Omezuje funkční vazby a vytváří podélnou migrační bariéru, která má za následek znemožnění přístupu ryb do míst úkrytu či lokalit vhodných pro rozmnožování jako jsou slepá ramena nebo litorální pásmo při rozlivu. Takovéto řešení připadá v úvahu v blízkosti zástavby, kde není prostor pro vybudování odsazené hráze. V extravilánu, pokud to místní podmínky dovolují, je vhodné při úpravě toku odsunout hráze a tím zajistit požadovanou kapacitu koryta.

#### **2.2.5. Revitalizace odstavených ramen**

Odstavená, slepá ramena se postupně zanášejí sedimenty, které přináší voda, i povrchovými smyvy z jejich okolí. Tento jev je přirozený, avšak postupně vede k jejich zániku. Na upravených tocích nemůže docházet ke korytotvorným procesům, a to zabraňuje postupnému samovolnému vzniku nových meandrů a ramen. Odstavená ramena je možno v rámci revitalizace toku využít pro návrh nové trasy a pro obnovu meandrování. Některá ramena je vhodné ponechat jako neprůtočná, tj. odstavená či slepá. Zanášení odstavených ramen je možné zpomalit jejich občasným proplachováním.

#### **2.2.6. Revitalizace technického stavu koryt**

Technické úpravy zásadním způsobem omezily prostorový rozsah přirozených vodních prvků v krajině, členitost jejich tvarů a členitost proudění vody.

Původně bohaté oživení přírodních koryt bylo nahrazeno podstatně chudším oživením, jaké nacházelo podmínky v prostředí upravených koryt. Vzhledem k rozsahu úprav potoků a řek to v měřítku krajiny znamenalo obrovské ztráty na rozsahu a bohatosti vodních ekosystémů. [20]

Revitalizace toků je také spojena s nutností technických zásahů v korytě i jeho okolí, ovšem má za cíl zpestřit morfologii a zvýšit druhovou pestrost prostředí. Projekt revitalizace vodního toku by měl obsahovat řadu prvků, zajišťujících pestrost z hlediska trasování toku a půdorysného tvaru. Dále proměnlivý podélný sklon, kdy se budou střídat prudší úseky s klidnými, protékanými tůněmi a také proměnlivý příčný profil.

V některých případech úprav postačí pouze vytvoření vhodných prostorových a hydrotechnických podmínek pro zahájení samovolných revitalizačních a korytotvorných procesů. V takovýchto lokalitách je možné se vyhnout nákladnému budování nové trasy. Postačí zde změna současného stavu upraveného koryta odstraněním opevnění, snížením kapacity koryta, případně umístěním dočasných pomocných usměrňovacích staveb (skluzy, prahy, stupně).

### **2.2.7. Obnova lužních porostů**

Lužní lesy představují jeden z našich druhově nejpestřejších ekosystémů. Pro jejich existenci je nutné pravidelné zaplavování a vysoká hladina spodní vody, které je zásobují vláhou a důležitými živinami. Lužní lesy patří mezi nejproduktivnější území u nás, s velkým potenciálem pro snadné a levné pěstování biomasy, a také mají velký význam jako přirozená protipovodňová ochrana.

Pro obnovu lužních lesů je zapotřebí omezení zemědělského využití v blízkosti řek. Důležitým faktorem je obnovení funkční a prostorové vazby mezi vodním tokem a nivou. Další nezanedbatelnou součástí tohoto opatření je řešení majetkoprávních vztahů k těmto rozsáhlým plochám a k jejich způsobu využití.

### 2.2.8. Břeh vytvořený z kamenů a balvanů

Tento typ biotechnického opatření má za cíl jednak zpevnit břehy toku a stabilizovat příčný profil koryta, jednak vytvořit břehový úkryt pro vodní živočichy (raky, úhoře, mníky a další). Kameny mohou být buď pod vodou, nebo vyčnívat nad vodu, čímž vytváří útočiště také pro suchozemské živočichy (obojživelníky, plazy, aj.).

### 2.2.9. Osamělé balvany

Rozčleňují vodní prostředí, vytvářejí mikrobiotopy pro vodní živočichy a zvyšují jejich diverzitu a slouží také jako úkryt pro ryby. Velikost kamenů by měla být v odpovídajícím poměru k velikosti toku. Je vhodné použít kameny o větším objemu ( $0,5 - 1,0 \text{ m}^3$ ) a rozmístit je ve vzdálenosti  $5 - 10 \text{ m}$ . Balvany nesmí narušovat odtokové poměry a usměrňovat proud do břehu, což by mělo za následek vymílání břehu. Balvany by měly být zhruba jednou třetinou svého objemu pod úrovní dna. Toto řešení je vhodné realizovat u větších toků s šířkou nad  $5 \text{ m}$  se stabilizovaným dnem.

### 2.2.10. Převislý břeh

Převislý břeh lze stavět v úsecích, které mají hloubku alespoň  $0,5 \text{ m}$ . Délka převisu se doporučuje v rozmezí  $5 - 10$  metrů. Vlastní prostor úkrytu by měl být hluboký minimálně  $50 \text{ cm}$  a vysoký nejméně  $30 \text{ cm}$ . Tento typ opatření bývá budován na nárazové straně. Pokud je toto řešení realizováno na přímém toku je třeba usměrnit proud vody do konstrukce například pomocí příčných výhonů. Vlastní konstrukce převisu je tvořena buď dřevěnými kůly a deskami, které mají ale omezenou životnost a hrozí tak propadnutí, nebo betonovými kůly a překlady. Takto vytvořený převislý břeh slouží jako útočiště pro ryby.

### 2.2.11. Terénní úpravy břehů

Terénní úpravy břehů se používají u napřímených vodních toků a melioračních kanálů s lichoběžníkovým tvarem koryta. Zaměřuje se na střídavou úpravu levého a pravého břehu vyhloubením zátoky na jednom břehu a uložením

vytěženého materiálu na břeh protější. Záměrem této úpravy je urychlení procesu dynamických korytotvorných procesů s trvalou infiltrací vody do podzemí.

### **2.2.12. Likvidace nebo úprava opevnění koryt**

Tento typ revitalizace se provádí na tocích s opevněným korytem, u kterých chceme, aby byly zahájeny korytotvorné procesy. Opevnění se odstraňuje po celé délce toku nebo jen místy. Podle okolností a kvality recyklovaného materiálu z opevnění je možné jeho opětovné využití na výstavbu různých objektů.

### **2.2.13. Zdrsněné dno**

Tímto opatřením se rozumí nepravidelné rozmístění balvanů a kamenů v korytě toku. Zdrsnění dna se provádí na úseku o délce 10 – 20 m s velikostí kamene zhruba 0,5 m, které by měly vyčnívat 0,1 – 0,3 m nad úroveň dna. Účelem je rozčlenění toku a zpomalení průměrné rychlosti, dále také zvýšení provzdušnění a zlepšení okysličování, a tím zvýšení samočistící schopnosti toku. Tohoto opatření není možné využít v případě šterkonosných toků a toků, které mají nestabilní dno.

### **2.2.14. Odsazené hrázky podél koryta**

V případě, že následkem revitalizační úpravy toku může docházet k většímu ohrožení přilehlé oblasti povodňovými vodami, je vhodné vybudovat nízké odsazené hrázky, které vedou podél koryta toku. Ty mají za úkol zabránit zaplavení okolního území. Hrázky by měly být budovány s co nejmenším sklonem, aby se začlenily do okolní krajiny.

### **2.2.15. Neúplná hrázka**

Příčná stavba, která nezasahuje do celého profilu koryta, ale spíše se podobá výhonu. Hrázka částečně nadržuje vodu a tím vytváří oblast s pomalejším laminárním prouděním. Na konci hrázky naopak dochází k intenzivnějšímu turbulentnímu proudění. Neúplné hrázky jsou umístěny šikmo nebo podélně a mají srovnatelný efekt jako osamělé balvany. Zhotoveny bývají z kamenů či balvanů, případně mohou být z dřevěných výřezů. Horní část hrázky má vyčnívat nad úroveň hladiny střední vody.



### **2.2.16. Příčná hrázka úplná nebo práh**

Toto opatření slouží ve zvýšení vodní hladiny za účelem zajištění stabilnějšího průtoku a zvýšení členitosti toku. Díky vznikající krátké peřeji se zvyšuje okysličování vody. Hrázka se provádí z kamenů a balvanů nebo z dřevěných výřezů. Toto řešení je také možno využít jako bezespádový práh ve dně, který přispívá ke stabilizaci koryta. Prahy jsou příčné objekty, které jsou umístěny v úrovni dna nebo se skokem do 30 cm v niveletě dna. Při tomto řešení se musí věnovat pozornost výšce hrázky z důvodu migrační prostupnosti.

### **2.2.17. Umělá peřej**

Umělou peřejí se rozumí zdrsňení dna v délce 8 až 10 metrů (u menších toků i kratší), díky kterému dochází ke zvýšení členitosti a samočisticí schopnosti toku. Umělá peřej skýtá velké množství úkrytů pro vodní živočichy. Skládá se z balvanů a kamenů, které jsou položeny těsně vedle sebe, a do jisté míry nadržuje vodu.

### **2.2.18. Boční výhon**

Tento revitalizační prvek má význam u větších toků, které protékají úzkým údolím a mají tak sníženou možnost meandrování. U tokových řek slouží boční výhon ke zvýšení členitosti břehové části. Výhony usměrňují proud na břehy, které je potřeba narušit, aby tak docházelo k samovolným korytotvorným procesům. Jako nejstabilnější se jeví boční výhony realizované z kamenů. Ty mají zasahovat do jedné třetiny až poloviny šířky koryta toku a jejich výška by měla být 0,2 až 0,3 m nad úrovní hladiny střední vody.

### **2.2.19. Tůňky v korytě**

Tento typ má návaznost na požadavek proměnlivého podélného sklonu se střídáním prudších úseků s rychlejším prouděním a tišin. V době minimálních průtoků plní funkci útočiště pro vodní živočichy. Takovéto tůně by se měly navrhovat do míst s předpokládanou vysokou vymílací činností vody, aby se tak zajistila jejich dlouhodobá životnost.

### **2.2.20. Migrační bariéry na tocích**

Pro rybí osádku a další vodní živočichy je důležitým faktorem migrační prostupnost toku. Migrační neprůchodnost má negativní dopad na diverzitu toku. V případě, že se na toku vyskytují překážky bránící přirozenému tahu ryb proti proudu, dochází k fragmentaci rybí populace a k její možné degradaci. Z těchto důvodů je nutné věnovat konstrukcím bránícím v migraci vodních živočichů zvýšenou pozornost a případně je nahradit jiným vhodnějším opatřením.

### **2.2.21. Břehové porosty**

Na břehové a doprovodné porosty se nahlíží jednak z hlediska jejich hustoty a jednak z hlediska vhodnosti a původu druhového složení. Nedostatky ve vegetačním doprovodu se vyskytují spíše u upravených toků, kde je v mnohých případech nedostatečná hustota porostů nebo dřeviny chybí úplně.

### 3. Technická zpráva

#### 3.1. Správní orientace

Jméno akce:	Revitalizace vybrané části vodního toku Veverka
Jméno toku:	Veverka
Číslo hydrologického pořadí:	4-15-01-146
Kilometráž zájmového úseku:	ř. km 1,000 – 0,650
Celková délka toku:	9,043 km
Správce toku:	Povodí Moravy
Katastrální území:	Bystrc [611778]
Kraj:	Jihomoravský
Okres:	Brno – město
Obec:	Brno

#### 3.2. Úvodní část

Úkolem diplomové práce je navrhnout vhodné revitalizační opatření na vybrané části vodního toku Veverka. Vodní tok Veverka se nachází v Jihomoravském kraji, severozápadně od Brna. Je pravostranným přítokem řeky Svratky a jeho délka je 9,04 km. Plocha povodí Veverky je z poloviny využívána zemědělsky, na zbylé ploše se převážně nacházejí lesy a jen malé zastoupení zde mají sady, zahrady a zástavba.

Návrh revitalizačních opatření se bude týkat toku v říčním kilometru 1,000 – 0,650. Řešený úsek začíná u mostu přes Veverku, který spojuje účelovou cestu, vedoucí k samotě Prádelna, se silnicí II/384. Veverka je v těchto místech zleva ohraničena silnicí. Dále Veverka protéká nivou, která toku umožňuje bezpečné rozlití při větších průtocích. Přibližně po 200 metrech navazuje na nivu lesní trať.

Cílem revitalizačních opatření bude stabilizování břehových nátrží, oprava, případně obnova stávajících revitalizačních prvků a výsadba vegetačního doprovodu.



Obr. 13 Začátek řešeného úseku, most přes Veverku (Foto Z. Odehnalová 2014)

### 3.3. Popis stávajícího stavu

Zájmová lokalita se nachází v extravilánu, nedaleko hradu Veveří. Revitalizační opatření jsou navrhována v části začínající mostem přes Veverku v říčním kilometru 1,000. Veverka lemuje silnici II. třídy číslo 384 a proto je její levý břeh v těchto místech stabilizován kamenným záhozem. Kolem pravého břehu vede turistická trasa vedoucí z Žebětína ke hradu Veveří. Konec úseku je v místech, kde Veverka protéká úzkou soutěskou a je ohraničena z levé strany silnicí a z pravé skalním útvarem.



Obr. 14 Vymezení zájmového úseku [16]

### 3.3.1. Popis příčného řezu toku

Příčné řezy byly v rámci diplomové práce geodeticky zaměřeny. Jak je vidět z výkresové dokumentace Příloha číslo 3 – Příčné profily charakter jednotlivých profilů se mění. Na začátku řešeného úseku je profil koryta toku pravidelný, má lichoběžníkový tvar se sklonem svahů přibližně 1:2. Levý břeh je stabilizován kamenným záhozem. Na pravém břehu je nedostatečný břehový a doprovodný porost a je zde pouze bylinné patro. V místě, kde byl zaměřen příčný profil 3 (staničení 0,062km) se Veverka přibližuje ke komunikaci, sklon levého svahu je zde vyšší a to asi 1:1. Dále tok protéká říční nivou, koryto se rozšiřuje a sklony svahů jsou mírnější. Na několika místech, převážně v konkávních obloucích jsou břehové nátrže a to v profilech PF4 (staničení 0,070 km), PF6 (staničení 0,124 km), PF9 (staničení 0,220 km) a PF10 (staničení 0,254 km).



Obr. 15 Břehová nátrž, profil PF10 (Foto Z. Odehnalová 2014)



### 3.3.2. Popis podélného řezu toku

Vodní tok Veverka má mírný sklon dna, a to 8,4‰. Ve staničení 0,000 km (ř. km 1,000) je nadmořská výška dna toku 245,413 m n. m. a v koncovém profilu PF11 ve staničení 0,286 km 243,00 m n. m. Podélný profil je součástí práce jako příloha číslo 4 – Podélný profil.

### 3.3.3. Popis vlastnických vztahů

Vodní tok Veverka protéká katastrálním územím Ostrovačic [716103], Veverských Knínic [781312], Veverské Bítýšky [781304] a Bystrce [611778]. Řešený úsek koryta Veverky se nachází v katastrálním území Bystrc. V následující tabulce (tab. 8) je uveden přehled pozemků, které s revitalizovanou částí toku sousedí. Ke každému pozemku je uvedeno jeho parcelní číslo, katastrální území, výměra, druh pozemku a způsob jeho využití a vlastnické právo a právo hospodařit s majetkem.

**Tab. 8 Přehled pozemků sousedících s revitalizovanou částí toku**

Parcelní číslo	Katastrální území	Výměra [m <sup>2</sup> ]	Druh pozemku	Způsob využití	Vlastnické právo	Právo hospodařit s majetkem
<b>LEVÝ BŘEH</b>						
5194/3	Bystrc	12755	ostatní plocha	silnice	Česká republika	Lesy ČR, s.p.
5210	Bystrc	2220	trvale travní porost	-	Median, s.r.o.	-
<b>PRAVÝ BŘEH</b>						
5010	Bystrc	4435	trvale travní porost	-	Česká republika	Povodí Moravy, s.p.
5011	Bystrc	201682	lesní pozemek	-	Česká republika	Lesy ČR, s.p.

### 3.4. Návrh úprav na vodním toku Veverka

Na řešeném úseku toku, v místech kde vznikají břehové nátrže, je navrženo několik revitalizačních opatření, jako je stabilizace břehu zápleťovým plůtkem a haťošťerkovým válcem nebo dřevěný práh. Dále je zde zapotřebí dosadba břehového a doprovodného porostu. Při jeho výsadbě se musí brát ohled na vlastnická práva. Absence břehového porostu je převážně na pravém břehu, na pozemku s parcelním číslem 5010, který je ve vlastnictví České republiky a právo užívání má Povodí Moravy, s.p.

Trasa toku ani příčný profil nebude měněn. V příčném profilu jsou navrženy úpravy v místech porušení břehů a bude zde použita biotechnická stabilizace. Biotechnické stabilizační konstrukce jsou v současné době nejužívanějšími typy břehového opevnění. Při návrhu biotechnické stabilizace je využíváno tradičních materiálů - kamene, šterku, dřeva, doplněných o biologický prvek (vrbové řízky, rákosiny a travní směsi). Základním předpokladem pro biotechnickou stabilizaci je spolupůsobení technického a biologického prvku.

V následující tabulce (tab. 9) je pro přehlednost uvedeno, na kterých úsecích je zapotřebí revitalizačních zásahů, a na kterých nikoli. Dále je zde uvedeno, jaké opatření je na konkrétním úseku a břehu navrženo.

**Tab. 9 Přehledná tabulka revitalizačních úseků**

č	ZÚ [km]	KÚ [km]	Délka [m]	Revitalizace		Revitalizační opatření	
				levý břeh	pravý břeh	levý břeh	pravý břeh
1	0,000	0,032	32	ANO	NE	Stabilizace břehu kamenným pohozem	-
2	0,032	0,065	33	ANO	ANO	Stabilizace břehu kamenným pohozem	Vegetační doprovod
3	0,065	0,073	8	NE	ANO	-	Vegetační doprovod / Stabilizace haťošťerkovým válcem
4	0,073	0,122	49	NE	ANO	-	Vegetační doprovod
5	0,122	0,125	3	ANO	ANO	Stabilizace zápleťovým plůtkem	Vegetační doprovod

6	0,125	0,155	30	NE	ANO	-	Vegetační doprovod
7	0,155	0,156	1	ANO	ANO	Dřevěný práh / Vegetační doprovod	
8	0,156	0,218	62	NE	NE	-	-
9	0,218	0,222	4	NE	ANO	-	Stabilizace kamennou rovnatinou
10	0,222	0,251	29	NE	NE	-	-
11	0,251	0,257	6	ANO	NE	Stabilizace zápletovým plůtkem	-

### 3.4.1. Stabilizace břehu kamenným pohozem

První navržená úprava toku Veverka je obnova stávajícího kamenného pohozu na levém břehu toku. V těchto místech lemuje Veverka silnici a břeh je zde namáhán provozem. Kamenný pohoz je typ nevegetačního opevnění. Proveden bude z lomového kamene, který bude dovezen z 20 kilometrů vzdáleného kamenolomu v Předklášteří.

Pohoz se rozhrne a urovná na upravený břeh do tloušťky minimálně 0,30m. Provádí se zpravidla na suchu. Sklon svahu je 1:2. Za účelem zvýšení odolnosti svahů je možno pohoz z kamene zhutnit.



Obr. 16 Stabilizace břehu kamennou rovnatinou (Foto Z. Odehnalová 2014)



### 3.4.2. Vegetační doprovod

Výsadba vegetačního doprovodu je navržena ve staničení 0,032 – 0,156 km. V těchto místech úplně chybí břehové i doprovodné dřeviny. V rámci revitalizačních opatření je zde proto navržena výsadba nových, druhově vhodných dřevin. Výsadba je navržena na parcele č. 5010, což je pozemek ve vlastnictví České republiky evidován jako trvale travní porost.

Navržená břehová a doprovodná vegetace se bude skládat z keřového a stromového porostu. Zájmová lokalita spadá do Černýšové dubohabřiny, proto zde navrhuji porosty, které jsou pro tento typ biotopu vhodné. Stromový porost: olše lepkavá, habr obecný, buk lesní, jasan ztepilý. Keřový porost: líska obecná, krušina olšová, svída dřín, vrba poříční, brslen bradavičnatý, hloh obecný.

Výsadba dřevin se provádí jako jednostranná nebo oboustranná, jednořadá, víceřadá nebo plošná. V tomto případě budou dřeviny vysazeny ve skupinách s průhledy na hladinu. Šířka prostoru pro výsadbu je 8 – 10 m.

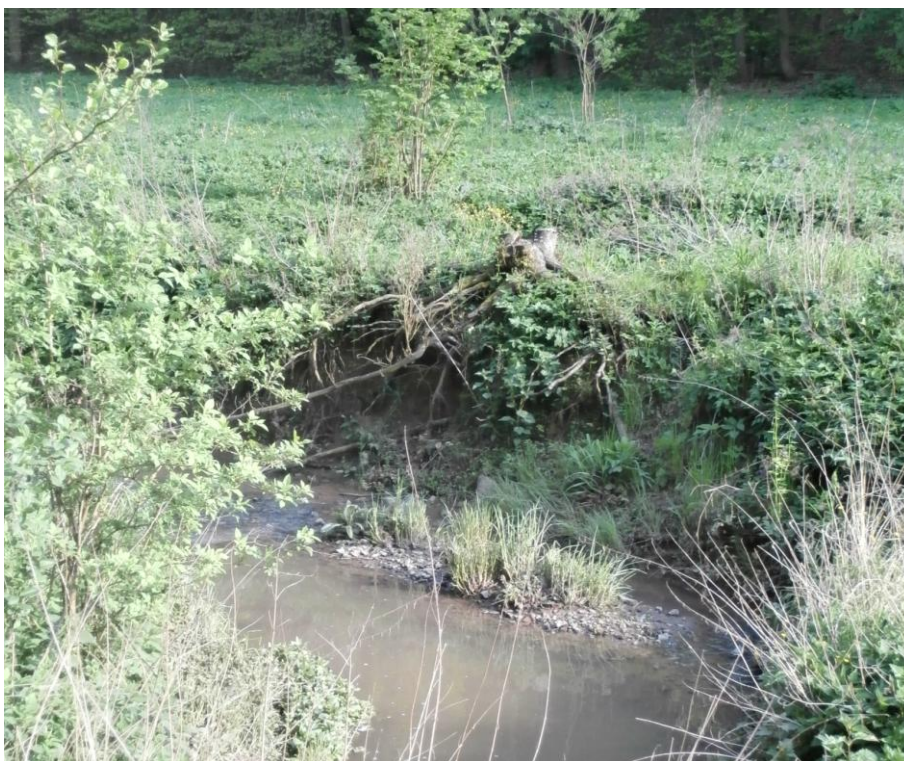
Doprovodný porost má mít nepravidelné půdorysné uspořádání, s výškovým členěním do dřevinných a bylinných pater. Stromové patro nemá být po délce souvislé a má plynule přecházet do keřového patra. Do nižších pater se umísťují dřeviny snášející zastínění.



**Obr. 17 Absence vegetačního doprovodu (Foto Z. Odehnalová 2014)**

### 3.4.3. Stabilizace haťošťerkovým válcem

Na břehové nátrži, která se nachází na toku ve staničení 0,065 – 0,073 km, je navržena stabilizace haťošťerkovým válcem. Haťošťerkové válce jsou vlastně velké otepi vrbových prutů. Pruty se skládají tak, aby se překrývaly z 1/2 až 1/3 své délky. Tím vzniká nekonečný pás, který se zavazuje drátem. Pruty tvoří obal o tloušťce 0,1 – 0,2 m a uvnitř válce je štěrková výplň. Průměr haťošťerkových válců může být až 1 m, v tomto případě postačí válce o průměru 0,4 – 0,6 m, o délce 3 m. Válec je nutno stabilizovat dřevěnými kůly (průměr 100 mm, délka 1200 mm). Nevýhodou haťošťerkových válců je hlavně zdoluhavé a pracné provádění. Prostor nad haťošťerkovým válcem bude dosypán kamenným záhozem. Grafické znázornění stabilizace nátrže haťošťerkovým válcem je jako příloha práce číslo 7.



Obr. 18 Břehová nátrž, PF4 (Foto Z. Odehnalová 2014)

### 3.4.4. Stabilizace zápleťovým plůtkem

Tento typ stabilizace patří mezi biotechnické způsoby opevnění břehů a jeho použití je vhodné zejména u břehů s mírnějším sklonem. Materiál potřebný pro realizaci zápleťového plůtku (kůly, vrbové pruty) je možné použít z okolí toku.



Zápleťovým plůtkem bude stabilizována břehová nátrž ve staničení 0,122 – 1,125 km a 0,251 – 0,257 km. V profilu PF6 (staničení 0,122 – 1,125 km) bude nátrž stabilizována dvouřadým zápleťovým plůtkem. Plůtek je tvořen vrbovými pruty o síle 30 – 50 mm. Pruty se proplétají střídavě mezi dřevnými kůly o průměru 100 mm a délce 1200 mm. Kůly jsou zaraženy do země do 2/3 své délky. Prostor mezi plůtky a nátrží je vyplněn štěrkem a lomovým kamenem o velikosti zrna 0,2 – 0,6 m. Za zápleťovým plůtkem se nesmí nacházet jemnozrnná zemina náchylná k rozmývání a vyplavování působením prouděním vody. Výkres stabilizace nátrže v profilu PF6 je součástí práce jako příloha číslo 8.



**Obr. 19 Břehová nátrž, PF6 (Foto Z. Odehnalová 2014)**

Stabilizační opatření břehové nátrže zápleťovým plůtkem je také navrženo pro profil PF10 (staničení 0,251 – 0,257 km). V tomto profilu nátrž zasahuje do soukromého pozemku firmy Median s.r.o., a proto musí být provedena úprava

poškozeného břehu. V těchto místech leží v toku vyvrácený strom a množství usazeného materiálu, které bude v rámci revitalizace odstraněno. Výkresová dokumentace tohoto typu stabilizace je uvedena jako příloha číslo 11.

V tomto místě by jako vhodné řešení připadala v úvahu i stabilizace haťošťerkovým válcem či kamenná hrázka (přílohy číslo 12 a 13) s dosypáním nátrže štěrkem a místním zemním materiálem. Následné osetí travní směsí a výsadba vrbových keřů (například vrba nachová – *Salix purpurea*) pomůže násep zastabilizovat.



Obr. 20 Břehová nátrž, PF10 (Foto Z. Odehnalová 2014)

### 3.4.5. Dřevěný práh

V místě zaměřeného profilu PF7 (staničení 0,155 – 0,156 km) se nachází starý ztrouchnivělý dřevěný práh. Ten bude v rámci revitalizačních úprav na toku odstraněn a nahrazen novým dřevěným prahem.

Dřevěný práh jde napříč korytem od jednoho břehu ke druhému. Je tvořen z kulatiny o průměru 0,2 – 0,3 m a délce 4,2 – 4,5 m, která je uložena ve dně koryta toku a do svahu je zatažena 0,8 – 1,0 m, aby nedošlo k jejímu uvolnění vlivem vymílání břehů. Práh je uložen v břehových kapsách. Pod kulatinou jsou zaraženy



piloty o průměru 0,15 – 0,25 m a délce 1,5 m, které kulatinu stabilizují. Rozteč mezi piloty je 1,0 – 1,5 m. Výkres dřevěného prahu obsahuje příloha č. 9.



**Obr. 21 Starý dřevěný práh (Foto Z. Odehnalová 2014)**

Na vodním toku Veverka se nachází velké množství zachyceného mrtvého dřeva. Obecně má mrtvé dřevo důležitou, nezastupitelnou funkci nejen v přírodě, ale také jako součást vodních toků. Poskytuje úkryt vodním živočichům, modifikuje hydrauliku proudění, ovlivňuje transport splavenin, utváří morfologii koryta a nivy, přispívá ke vzniku vodních biotopů, zásobuje půdu živinami. V minulosti bylo dřevo v korytech toků považováno za zbytečný a nežádoucí prvek. Ačkoliv je v současné době říční dřevo široce doceněno jako integrační součást říčních ekosystémů v zalesněných povodích, nelze nezmínit jeho nežádoucí dopady na lidskou společnost. Dřevo může zhoršovat průběh povodní tím, že blokuje část průtočného profilu a způsobuje pak vylití vody z koryta. [21]

V případě vodního toku Veverka, přibližně ve staničení 0,095 – 0,100 km, dochází k akumulaci mrtvého dřeva, které brání průtoku vody. Proto je navrženo tuto překážku v rámci revitalizace toku odstranit.





Obr. 22 Mrtvé dřevo na vodním toku Veverka (Foto Z. Odehnalová 2014)



Obr. 23 Mrtvé dřevo na vodním toku Veverka (Foto Z. Odehnalová 2014)



### 3.4.6. Stabilizace kamennou rovnaninou

Oživená kamenná rovnanina je typem biotechnické stabilizace břehů. Lomový kámen musí mít vhodný tvar a velikost. Rovnanina je ručně (případně strojově) kladena do základové rýhy s ohledem na provázání kamenů a klínována menšími kameny. Lomový kámen je ukládán v pravidelných vrstvách, které jsou prokládány vrbovými prýty. Vrbové prýty mají docílit intenzivnější stabilizace svým prorůstáním rovnaninou. Tloušťka vrstvy vrbových prýtů by měla být přibližně 0,1 m. Vrbové prýty sahají do zeminy, kterou je lomový kámen prosypán. Tento typ stabilizace je velmi odolný a lze jej použít ve zvláště namáhaných úsecích. Oproti pohožům a záhozům je výrazně nákladnější.

Tento typ stabilizace je navržen na úpravu úseku toku ve staničení 0,218 – 0,222 km. Grafické znázornění stabilizace nátrže kamennou rovnaninou obsahuje příloha práce číslo 10.



Obr. 24 Břehová nátrž, PF9 (Foto Z. Odehnalová 2014)

## 4. Hydrotechnické výpočty

### 4.1. Program HEC-RAS

Pro výpočet kapacity koryta zájmového úseku na vodním toku Veverka byl použit program HEC-RAS, verze 4.1.0.

Tento program byl vyvinutý americkou armádou. Program vychází z jednorozměrného modelu. Pomocí něj je možno provádět výpočet ustáleného nerovnoměrného proudění, neustáleného proudění, přenosu sedimentů a modelování teploty vody. Program HEC-RAS je volně stažitelný na stránkách - [www.hec.usace.army.mil](http://www.hec.usace.army.mil).

Výpočtem proudění vody v zaměřených profilech se stanoví rychlost, hloubka, sklon čáry energie a průtok.

### 4.2. Metoda výpočtu

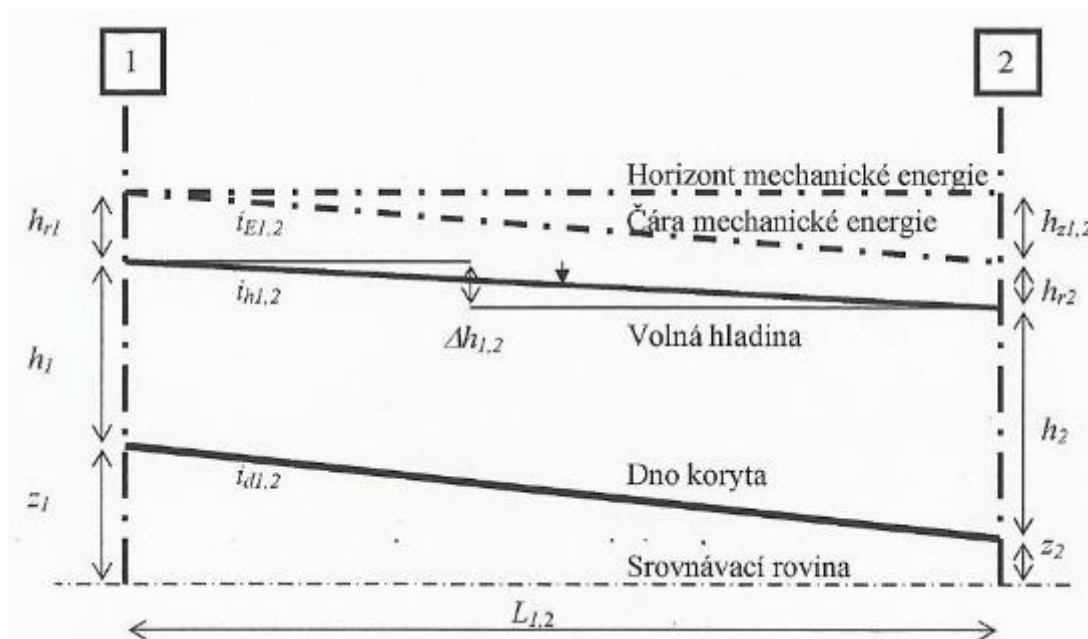
V programu HEC-RAS byl pro výpočet kapacity koryta v jednotlivých profilech použit 1D model ustáleného nerovnoměrného proudění, jehož princip výpočtu spočívá v tzv. metodě po úsecích. Metoda se využívá v případě změny rychlosti a průtočné plochy po délce toku v daných profilech, s průtokem v čase konstantním. Rychlost a průtočná plocha se po délce toku mění vlivem změny drsnosti břehů i dna a sklonu dna koryta i změnami samotných příčných profilů.

Na úsecích, které jsou vymezeny jednotlivými profilem, dochází ke ztrátám energie vlivem místních ztrát, a ztrát třením. V důsledku tření o stěny vedení a vnitřního tření mezi jednotlivými proudovými vlákny dochází ke ztrátám třením, následkem změn průtočného průřezu jsou pak ztráty místní.

### 4.3. Postup výpočtu [6]

Koryto s proměnlivým příčným profilem se nejprve rozdělí na jednotlivé úseky o délkách  $\Delta L_{1,2}$  a mezi dvěma profilem o této délce se ze sklonu čáry energie stanoví ztráty třením. Ze změn příčného profilu se poté stanoví místní ztráty.





Obr. 25 Schéma pro výpočet metody po úsecích [6]

U říčního proudění se při stanovení okrajové podmínky postupuje ze zadané hloubky v dolním profilu a postupuje se směrem proti proudu. U bystřinného proudění se stanoví tzv. horní okrajová podmínka. Při výpočtu průběhu hladiny se vychází ze zadané hloubky v horním profilu a postupuje se směrem po proudu. V případě smíšeného režimu se rozdělí úsek toku na dílčí úseky dle proudění pomocí stanovení kritické hloubky a průtoku. Při výpočtu se vždy postupuje od okrajové podmínky se zadanou hloubkou vody.

Koryto toku se rozdělí na konečný počet úseků, které jsou od sebe odděleny průtočnými profilemi. Průtočný profil se volí do míst, která ovlivňují proudění. Pro dva sousední profiley lze zapsat Bernoulliho rovnici:

$$z_1 + h_1 + h_{r1} = z_2 + h_2 + h_{r2} + h_{z1,2} \quad (1)$$

$$h_{r1} = \frac{\alpha_1 v_1^2}{2g} \quad h_{r2} = \frac{\alpha_2 v_2^2}{2g} \quad (2)$$

V případě, že hledáme rozdíl hladin na úseku 1–2:

$$\Delta h_{1,2} = h_{r2} - h_{r1} + h_{z1,2} \quad (3)$$

Celkovou ztrátu  $h_{z1,2}$  dostaneme součtem ztrát třením  $h_{zt1,2}$  a ztrát místních  $h_{zm1,2}$ .  
Pro výpočet na úseku 1–2:

$$h_{z1,2} = h_{zm1,2} + h_{zt1,2} \quad (4)$$

$$h_{zm1,2} = \xi \left| \frac{v_2^2 - v_1^2}{2g} \right| \quad (5)$$

$$h_{zt1,2} = i_{E1,2} \cdot L_{1,2} \quad (6)$$

kde  $\alpha$  – Coriolosovo číslo [–]

$v$  – průřezová rychlost [m/s]

$g$  – tíhové zrychlení [m/s<sup>2</sup>]

$\xi$  – součinitel místní ztráty [–]

$i_{E1,2}$  – průměrný sklon čáry energie [–]

$L_{1,2}$  – vzdálenost úseků 1,2 [m]

Průměrný sklon čáry energie dostaneme ze vztahu:

$$i_{E1,2} = \frac{Q^2}{C_{1,2}^2 \cdot A_{1,2}^2 \cdot R_{1,2}} \quad (7)$$

kde  $Q$  – průtok [m<sup>3</sup>/s]

$A$  – plocha [m<sup>2</sup>]

$C$  – Chézyho rychlostní součinitel [m<sup>0,5</sup>/s]

$R$  – hydraulický poloměr [m]

Hydraulický poloměr je definován jako poměr průtočného průřezu  $A$  a omočeného obvodu  $O$ :

$$R = \frac{A}{O} \quad (8)$$

Chézyho rychlostní součinitel  $C$  se stanoví například z rovnice podle Manninga:

$$C = \frac{1}{n} \cdot R^{\frac{1}{6}} \quad (9)$$

kde  $n$  – součinitel drsnosti [–]

**Tab. 10 Součinitel drsnosti v závislosti na zrnitosti substrátu [7]**

Materiál	hrubý písek	jemný štěrk	štěrk	hrubý štěrk	velmi hrubý štěrk	malé oblázky	oblázky	balvany
velikost [mm]	1 - 2	4 - 8	2 - 64	16 - 32	32 - 64	64 - 128	64 - 256	> 256
n	0,026 - 0,035	0,024	0,028 - 0,035	0,028	0,032	0,036	0,030 - 0,050	0,040 - 0,070

Při výpočtu průběhu hladiny metodou po úsecích se nejprve rozdělí řešený úsek toku na jednotlivé úseky o délce  $L_{i,j}$ , a to tak, aby se každý úsek dal charakterizovat průměrným příčným profilem. Poté se určí okrajové podmínky pro daný průtok. Pro odhadnuté  $\Delta h$  se vypočtou potřebné charakteristiky druhého profilu a dále pak průměrné charakteristiky. Následně se řeší rovnice (3) a poté se pokračuje stejným způsobem u dalších profilů.

#### 4.4. Podklady pro výpočet

- Hydrologická data
- Geodetické zaměření úseku

#### 4.5. Vstupní data

Na řešeném úseku vodního toku Veverka o délce 286m bylo zaměřeno 11 příčných profilů (příloha č. 3 – Příčné profily). Nadmořská výška dna na začátku zájmového úseku v profilu 1 je 245,413 m n. m., v koncovém profilu 11 má hodnotu 243,000 m n. m. Průměrný sklon dna toku je 8,4‰.

Součinitel drsnosti –  $n$  byl zvolen zvláště pro břehy a dno. Při určování hodnoty součinitele jsem vycházela z osobní prohlídky zájmového území. Tyto poznatky jsem následně porovnála s dostupnými katalogy drsností [26] a stanovila drsnostní součinitel.

**Tab. 11 Vstupní data**

PF	ZÚ [km]	KÚ [km]	Délka [m]	Souč. drsnosti [n]	
				břehy	dno
1	0,000	0,032	32	0,03	0,04
2	0,032	0,062	30	0,03	0,04
3	0,062	0,070	8	0,03	0,04
4	0,07	0,094	24	0,03	0,04
5	0,094	0,124	30	0,03	0,04
6	0,124	0,156	32	0,03	0,04
7	0,156	0,188	32	0,03	0,04
8	0,188	0,220	32	0,03	0,04
9	0,22	0,254	34	0,03	0,04
10	0,254	0,286	32	0,03	0,04
11	0,286	0,350	64	0,03	0,04

**Tab. 12 N-leté průtoky [8]**

N-leté průtoky [m <sup>3</sup> /s]						
Q <sub>1</sub>	Q <sub>2</sub>	Q <sub>5</sub>	Q <sub>10</sub>	Q <sub>20</sub>	Q <sub>50</sub>	Q <sub>100</sub>
8	15	22	28	32	35	37

Pro výpočet kapacity koryta v programu HEC-RAS byly použity N-leté průtoky, které jsou uvedeny v tabulce č. 12. Byly převzaty z atlasu Hydrologické poměry ČSSR, díl III., který byl vydán Hydrometeorologickým ústavem Praha.

#### 4.6. Výstupní data

Výpočet v programu HEC-RAS byl proveden pro ustálené nerovnoměrné prodění ve smíšeném režimu. Pro ověření kapacity koryta byly použity průtoky  $Q_1 = 8,0 \text{ m}^3/\text{s}$  a  $Q_5 = 22,0 \text{ m}^3/\text{s}$ . V následující tabulce č. 13 jsou uvedeny hydraulické údaje pro jednotlivé profily s návrhovým průtokem  $Q_5 = 22,0 \text{ m}^3/\text{s}$ . Z tabulky je patrné, že pro tento průtok není ve většině profilů koryto dostatečně kapacitní.

**Tab. 13 Výpočet kapacity koryta pro  $Q_5 = 22,0 \text{ m}^3/\text{s}$**

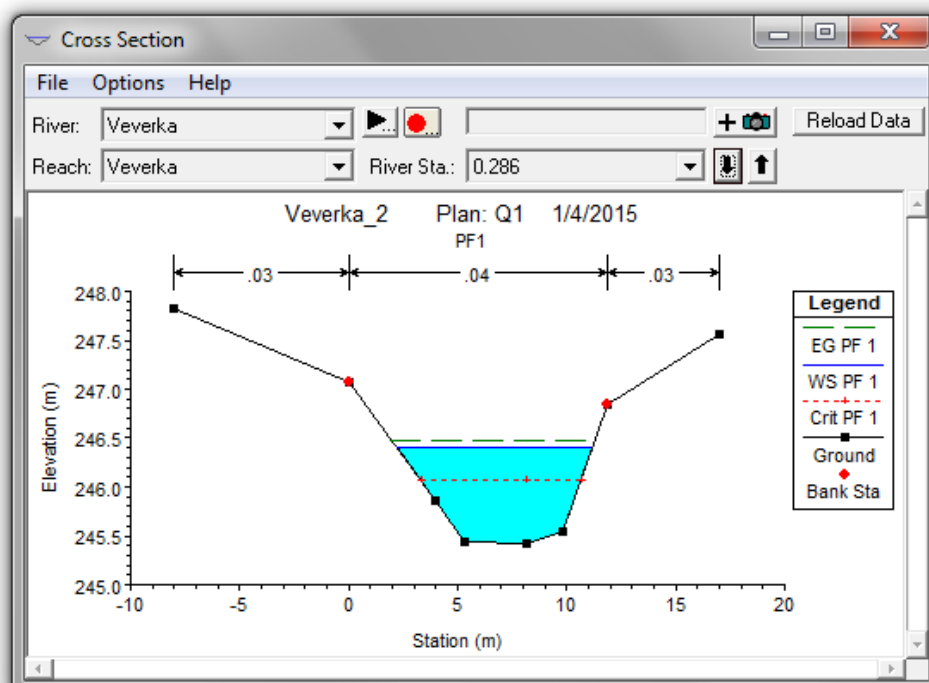
PF	Staničení [km]	Návrhový průtok $Q_N [\text{m}^3/\text{s}]$	Kóta dna [m n.m.]	Výška hladiny [m n.m.]	Čára energie [m n.m.]	Sklon čáry energie [%]	Rychlost proudění [m/s]	Průtočná plocha [ $\text{m}^2$ ]	Průtok [ $\text{m}^3/\text{s}$ ]	Posouzení kapacity
1	0.000	22.0	245.41	247.03	247.18	0.436	1.70	13.05	22.19	$> Q_5$
2	0.032	22.0	245.01	246.98	247.06	0.215	1.24	18.66	23.14	$> Q_5$
3	0.062	22.0	244.78	246.34	246.87	1.886	3.23	6.81	22.00	$= Q_5$
4	0.070	22.0	244.60	245.47	246.53	9.613	4.55	4.80	21.84	$< Q_5$
5	0.094	22.0	244.35	245.67	245.94	1.188	2.36	9.82	23.18	$> Q_5$
6	0.124	22.0	243.84	245.15	245.53	1.498	2.80	8.19	22.93	$> Q_5$
7	0.156	22.0	243.51	244.91	244.98	0.201	1.22	19.17	23.39	$> Q_5$
8	0.188	22.0	243.41	244.79	244.90	0.343	1.51	15.35	23.18	$> Q_5$
9	0.220	22.0	242.94	244.78	244.82	0.101	0.92	22.16	20.39	$< Q_5$
10	0.254	22.0	243.02	244.61	244.75	0.395	1.68	13.55	22.76	$> Q_5$
11	0.286	22.0	243.00	244.28	244.56	0.901	2.38	9.75	23.21	$> Q_5$

Proto byla kapacita koryta ověřena také pro průtok  $Q_1 = 8,0 \text{ m}^3/\text{s}$ . V tabulce č. 14 je koryto posuzováno na tento průtok. V případě tohoto průtoku korytem nebude docházet k větším rozlivům.

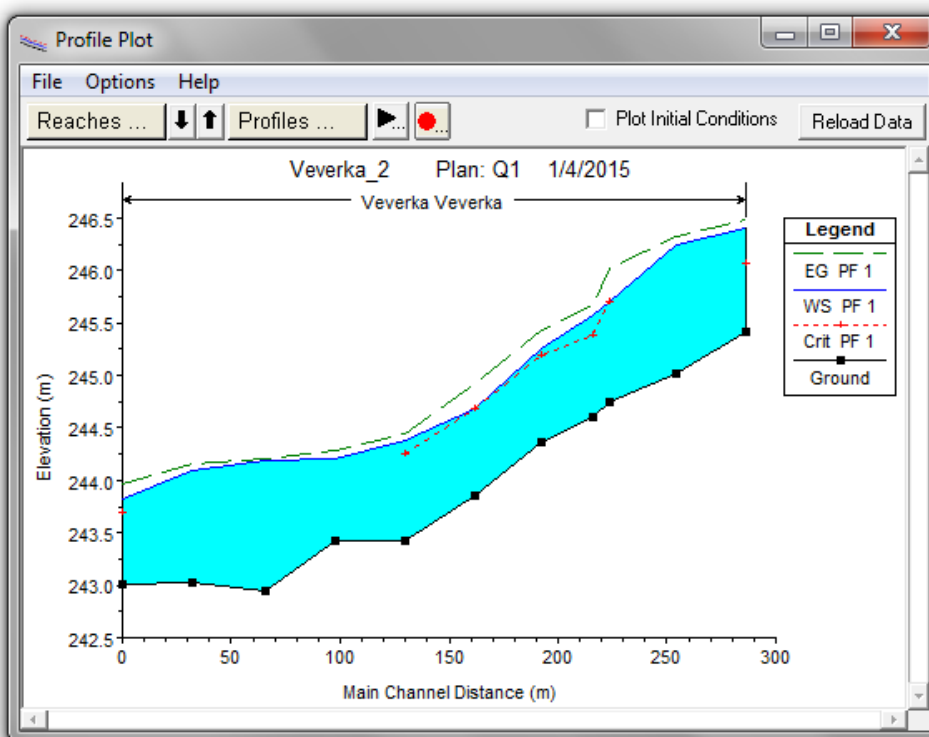
**Tab. 14 Výpočet kapacity koryta pro  $Q_1 = 8,0 \text{ m}^3/\text{s}$**

PF	Staničení [km]	Návrhový průtok $Q_N [\text{m}^3/\text{s}]$	Kóta dna [m n.m.]	Výška hladiny [m n.m.]	Čára energie [m n.m.]	Sklon čáry energie [%]	Rychlost proudění [m/s]	Průtočná plocha [ $\text{m}^2$ ]	Průtok [ $\text{m}^3/\text{s}$ ]	Posouzení kapacity
1	0.000	8.0	245.41	246.40	246.48	0.435	1.27	6.30	7.99	$< Q_1$
2	0.032	8.0	245.01	246.25	246.33	0.508	1.21	6.57	7.94	$< Q_1$
3	0.062	8.0	244.78	245.71	246.03	2.077	2.51	3.18	7.98	$< Q_1$
4	0.070	8.0	244.60	245.57	245.66	0.722	1.35	5.93	8.00	$= Q_1$
5	0.094	8.0	244.35	245.26	245.42	1.386	1.81	4.37	7.91	$< Q_1$
6	0.124	8.0	243.84	244.68	244.92	2.008	2.18	3.66	7.97	$< Q_1$
7	0.156	8.0	243.51	244.37	244.45	0.503	1.35	6.82	9.21	$> Q_1$
8	0.188	8.0	243.41	244.21	244.28	0.544	1.21	6.60	7.99	$< Q_1$
9	0.220	8.0	242.94	244.19	244.21	0.077	0.60	13.40	8.04	$> Q_1$
10	0.254	8.0	243.02	244.09	244.16	0.401	1.16	6.92	8.03	$> Q_1$
11	0.286	8.0	243.00	243.83	243.96	0.901	1.64	4.95	8.12	$> Q_1$

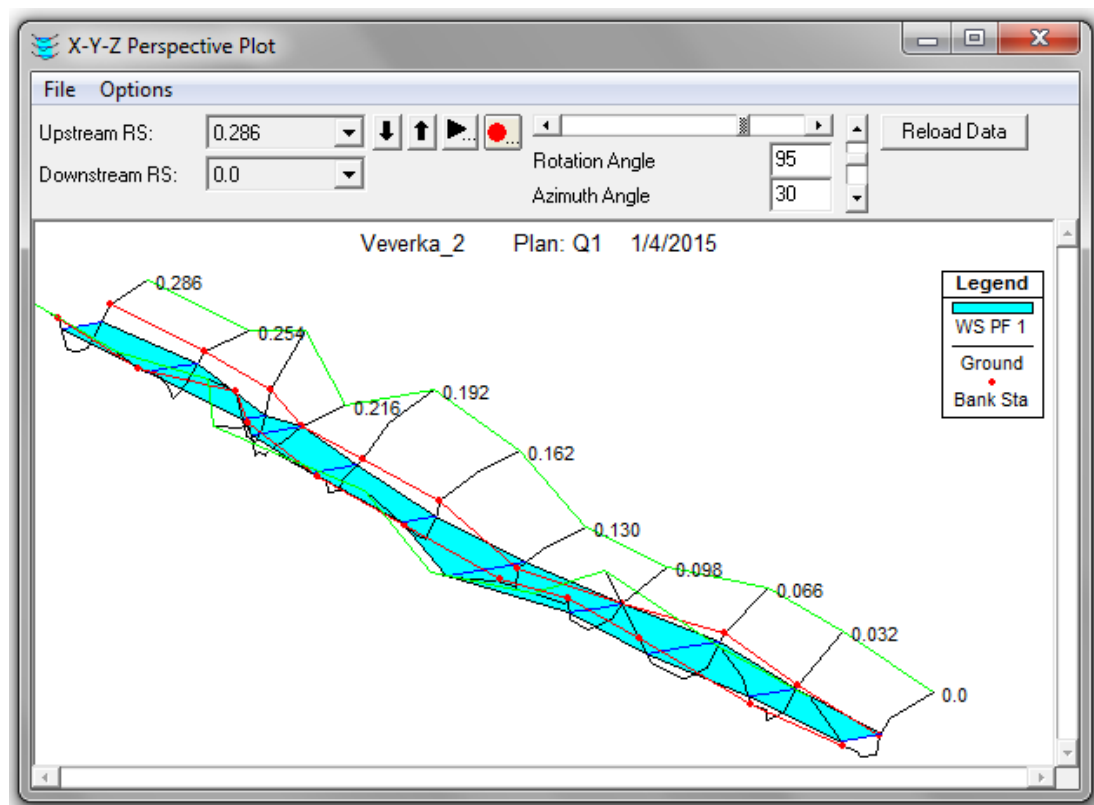
Výstupem z programu HEC-RAS je průběh hladin v podélném profilu, vykreslení výšky hladin v jednotlivých příčných profilech a další hydraulické údaje jako například rychlost proudění, výška hladiny nebo sklon čáry energie.



Obr. 26 Grafický výstup z programu HEC-RAS, profil PF1



Obr. 27 Grafický výstup z programu HEC-RAS, podélný profil



Obr. 28 Průběh hladin při  $Q_1$  v prostorovém zobrazení



## 5. Závěr

Předkládaná diplomová práce je zaměřená na návrh revitalizačních opatření na vodním toku Veverka. Ten se nachází v Jihomoravském kraji, v katastrálním území Bystrc. Veverka pramení v přírodním parku Podkomorské lesy východně od Ostrovačic. Délka toku je 9,04 km a povodí zaujímá plochu 31,381 km<sup>2</sup>. Vodní tok Veverka je pravostranným přítokem řeky Svatky, do které se vlévá v údolní nádrži Brno.

V teoretické části práce je stručně shrnuta problematika revitalizací toků, od historie a důvodů revitalizací po výčet a popis jednotlivých typů revitalizačních opatření.

V rámci zpracování diplomové práce byla provedena terénní pochůzka a pořízena fotodokumentace stávajícího stavu toku a jeho okolí. Dále byly zaměřeny příčné profily v problémových místech na toku. Po zpracování příčných profilů byla ověřena kapacita koryta pomocí výpočtu v programu HEC-RAS. Následně jsem se zabývala samotným návrhem revitalizačních opatření na daném toku.

Na řešené části toku se nachází několik míst s břehy poškozenými nátrží. V těchto místech navrhuji stabilizaci břehů, a to haťošterkovým válcem, zápletovým plůtkem a kamennou rovinou. V úseku, kde Veverka lemuje silnici, navrhuji doplnění stávajícího kamenného pohození, z důvodu namáhání břehu, způsobeném provozem. Dále navrhuji umístění nového dřevěného prahu, který nahradí starý, nevyhovující práh. Na toku se nachází velké množství mrtvého dřeva, které se akumuluje a brání tak průtoku vody. To navrhuji v rámci revitalizace toku odstranit. Jako poslední úprava je navržena výsadba vhodného břehového a doprovodného porostu.

Součástí práce je také výkresová dokumentace, ve které jsou vykresleny příčné profily s možnými druhy stabilizace.

## 6. Seznam použitých zdrojů

- [1] ŠLEZINGR, Miloslav. *Revitalizace toků: příspěvek k problematice úprav vodních toků*. 1. vyd. Brno: Vutium, 2010, 255 s. ISBN 978-80-214-3942-9.
- [2] ŠLEZINGR, Miloslav. *Břehová abraze - možnosti stabilizace břehů: Bank erosion - possible ways of bank stabilization : monografie*. Vyd. 1. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 2011, 172 s. Folia Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis. ISBN 978-80-7375-566-9.
- [3] ŠLEZINGR, Miloslav. *Brněnská přehrada a lidé kolem ní*. 1. vyd. Brno: VUT-FAST, 1998, 84 s. ISBN 80-214-1127-9.
- [4] VRÁNA, Karel. *Revitalizace malých vodních toků - součást péče o krajinu*. Praha: Consult, 2004, 60 s. ISBN 80-902132-9-4.
- [5] JUST, Tomáš. *Vodohospodářské revitalizace a jejich uplatnění v ochraně před povodněmi*. Praha: Český svaz ochránců přírody, 2005, 359 s. ISBN 80-239-6351-1.
- [6] JANDORA, Jan a Jan ŠULC. *Hydraulika: modul 01*. Vyd. 1. Brno: Akademické nakladatelství, CERM, 2007, 178 s. ISBN 978-80-7204-512-9.
- [7] JANDORA, Jan, UHMANNOVÁ, Hana: *Proudění v systémech říčních koryt - studijní opora*, FAST VUT v Brně, 2007
- [8] HORSKÝ, L. A KOL., 1970. *Hydrologické poměry ČSSR. Díl III*.
- [9] Klub českého pohraničí, z.s.: *Jihomoravský kraj*. [online]. [cit. 2015-01-06]. Dostupné z: <http://www.klub-pohranici.cz/rady-kcp/jihomoravsky-kraj/>
- [10] Povodí Moravy. *Plán oblasti povodí Dyje* [online]. 2010-2013 [cit. 2013-05-19]. Dostupné z: <http://www.pmo.cz/pop/2009/Dyje/end/a-popis/a-popis.html>
- [11] ŠUSTROVÁ, Marie. Diplomová práce. *HODNOCENÍ ÚZEMÍ NA BÝVALÝCH RYBNÍČNÍCH PLOCHÁCH V POVODÍ SVRATKY*. [online]. 2013 [cit. 2013-05-20]. Dostupné z: [http://geography.upol.cz/soubory/studium/dp/2013-rg/2013\\_Sustrova.pdf](http://geography.upol.cz/soubory/studium/dp/2013-rg/2013_Sustrova.pdf)
- [12] Klimatické regiony ČR (dle Quitt, 1971). *Charakteristiky klimatických oblastí* [online]. 2013 [cit. 2013-05-20]. Dostupné z: <http://www.ovocnarska-unie.cz/web/web-sispo/klimreg/klimapa.html>
- [13] Mapa klimatických poměrů [online]. [cit. 2014-12-08]. Dostupné z: [http://www.herber.kvalitne.cz/FG\\_CR/obrazky/klima/srazky\\_CR.jpg](http://www.herber.kvalitne.cz/FG_CR/obrazky/klima/srazky_CR.jpg)

- [14] Rajče.net. *Letecky okolo Čech* [online]. 2005, 2013 [cit. 2013-05-20]. Dostupné z: [http://kucajirka.rajce.idnes.cz/Letecky\\_okolo\\_Cech\\_Ligursky/](http://kucajirka.rajce.idnes.cz/Letecky_okolo_Cech_Ligursky/)
- [15] Brněnská přehrada a okolí: Helenčino údolí. [online]. [cit. 2015-01-06]. Dostupné z: [http://www.prygl.net/rejstrik/hel\\_udoli.php](http://www.prygl.net/rejstrik/hel_udoli.php)
- [16] Mapy.cz. [online]. [cit. 2015-01-06]. Dostupné z: <http://www.mapy.cz/>
- [17] Revitalizace říčních sítí. [online]. [cit. 2015-01-06]. Dostupné z: [http://hgf10.vsb.cz/546/Ekologicke%20aspekty/cviceni/cviceni\\_loticky/revitalizace.htm](http://hgf10.vsb.cz/546/Ekologicke%20aspekty/cviceni/cviceni_loticky/revitalizace.htm)
- [18] *Revitalizace vodního prostředí*. Praha: Agentura ochrany přírody a krajiny České republiky, 2003, 144 s. ISBN 80-860-6472-7.
- [19] Koalice pro řeky. [online]. [cit. 2015-01-06]. Dostupné z: <http://www.koaliceprorekycz/temata/revitalizace-vodnich-toku/>
- [20] Technické úpravy vodních toků. [online]. [cit. 2015-01-07]. Dostupné z: <http://praha.ochranaprirody.cz/pece-o-vodni-rezim-krajiny/technicke-upravy-vodnich-toku/>
- [21] MÁČKA, Zdeněk a Lukáš KREJČÍ. *Říční dřevo ve vodních tocích ČR*. 1. vyd. Brno: Masarykova univerzita, 2011, 107 s. ISBN 978-80-210-5624-4.

## 7. Seznam obrázků a tabulek

Obrázky:

Obr. 1 Mapa Jihomoravského kraje s vyznačením zájmového úseku [9] .....	10
Obr. 2 Mapa členění povodí v ČR.....	11
Obr. 3 Mapa členění dílčích povodí v ČR .....	11
Obr. 4 Mapa geologických poměrů.....	13
Obr. 5 Mapa hydrogeologických poměrů [10].....	14
Obr. 6 Mapa pedologických poměrů .....	15
Obr. 7 Mapa klimatických poměrů [12] .....	16
Obr. 8 Mapa klimatických poměrů [13] .....	17
Obr. 9 Říční síť povodí Svatky [11].....	19
Obr. 10 Využití území.....	22
Obr. 11 Hrad Veverí a Brněnská přehrada [14] .....	23
Obr. 12 Dřevěný most přes Veverku (Foto Z. Odehnalová 2014).....	24
Obr. 13 Začátek řešeného úseku, most přes Veverku (Foto Z. Odehnalová 2014) .....	36
Obr. 14 Vymezení zájmového úseku [16] .....	36
Obr. 15 Břehová nátrž, profil PF10 (Foto Z. Odehnalová 2014).....	37
Obr. 16 Stabilizace břehu kamennou rovinou (Foto Z. Odehnalová 2014) .....	40

Obr. 17 Absence vegetačního doprovodu (Foto Z. Odehnalová 2014) .....	41
Obr. 18 Břehová nátrž, PF4 (Foto Z. Odehnalová 2014) .....	42
Obr. 19 Břehová nátrž, PF6 (Foto Z. Odehnalová 2014) .....	43
Obr. 20 Břehová nátrž, PF10 (Foto Z. Odehnalová 2014) .....	44
Obr. 21 Starý dřevěný práh (Foto Z. Odehnalová 2014) .....	45
Obr. 22 Mrtvé dřevo na vodním toku Veverka (Foto Z. Odehnalová 2014) .....	46
Obr. 23 Mrtvé dřevo na vodním toku Veverka (Foto Z. Odehnalová 2014) .....	46
Obr. 24 Břehová nátrž, PF9 (Foto Z. Odehnalová 2014) .....	47
Obr. 25 Schéma pro výpočet metody po úsecích [6] .....	49
Obr. 26 Grafický výstup z programu HEC-RAS, profil PF1 .....	54
Obr. 27 Grafický výstup z programu HEC-RAS, podélný profil .....	54
Obr. 28 Průběh hladin při $Q_1$ v prostorovém zobrazení .....	55

#### Tabulky:

Tab. 1 Hydrologické charakteristiky pro vodní tok Veverka [8] .....	18
Tab. 2 m–denní průtoky pro vodní tok Veverka [8] .....	18
Tab. 3 N–leté průtoky pro vodní tok Veverka [8] .....	18
Tab. 4 Struktura zemědělské půdy v oblasti povodí Dyje [10] .....	19
Tab. 5 Nejvýznamnější pěstované plodiny v oblasti povodí Dyje [10] .....	20
Tab. 6 Údaje o lesích v oblasti povodí Dyje [10] .....	20
Tab. 7 Základní ukazatele průmyslu v oblasti povodí Dyje [10] .....	21
Tab. 8 Přehled pozemků sousedících s revitalizovanou částí toku .....	38
Tab. 9 Přehledná tabulka revitalizačních úseků .....	39
Tab. 10 Součinitel drsnosti v závislosti na zrnitosti substrátu [7] .....	51
Tab. 11 Vstupní data .....	52
Tab. 12 N–leté průtoky [8] .....	52
Tab. 13 Výpočet kapacity koryta pro $Q_5 = 22,0 \text{ m}^3/\text{s}$ .....	53
Tab. 14 Výpočet kapacity koryta pro $Q_1 = 8,0 \text{ m}^3/\text{s}$ .....	53

## 8. Seznam příloh

Příloha č. 1 – Přehledná mapa 1:50 000

Příloha č. 2 – Podrobná mapa 1:2 000

Příloha č. 3 – Příčné profily

Příloha č. 4 – Podélný profil

Příloha č. 5 – Situace

Příloha č. 6 – Návrh revitalizačních opatření

Příloha č. 7 – Stabilizace haťošťerkovým válcem

Příloha č. 8 – Stabilizace dvouřadým zápletovým plůtkem

Příloha č. 9 – Dřevěný práh

Příloha č. 10 – Stabilizace kamennou rovnaninou

Příloha č. 11 – Stabilizace zápletovým plůtkem

Příloha č. 12 – Kamenná hrázka

Příloha č. 13 – Stabilizace haťošťerkovým válcem PF10